



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS
DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE
DETONACIONES

PRESENTADO POR:

DANIEL REINALDO BECERRA RODRÍGUEZ
LIZETH VANESSA ROZO RIVERA

CÓD: 505165
CÓD: 505272

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.
2018



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS
DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE
DETONACIONES

PRESENTADO POR:

DANIEL REINALDO BECERRA RODRÍGUEZ
LIZETH VANESSA ROZO RIVERA

CÓD: 505165
CÓD: 505272

DIRECTOR:

LINA PATRICIA MURCIA CARO

CODIRECTOR:

CAPITÁN MIGUEL ALEJANDRO PLAZAS

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.
2018



Atribución-NoComercial-CompartirIgual 2.5 Colombia (CC BY-NC-SA 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial-CompartirIgual 2.5 Colombia (CC BY-NC-SA 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra
hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:




Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.



Compartir bajo la Misma Licencia — Si altera o transforma esta obra, o genera una obra derivada, sólo puede distribuir la obra generada bajo una licencia idéntica a ésta.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	---	---


NOTA DE ACEPTACIÓN:

FIRMA DEL PRESIDENTE DEL JURADO

FIRMA JURADO

FIRMA JURADO

BOGOTA D.C.


 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

DEDICATORIA

Este proyecto de grado es el fruto de un trabajo arduo y dedicado, por eso primero que todo queremos dedicar este trabajo a Dios quien dispuso para el equipo investigador empeño, persistencia, dedicación, sacrificio e interés, cualidades que conllevaron a la consecución de excelentes resultados.

A nuestras familias, quienes consolidaron un apoyo incondicional en cada uno de los pasos del proceso de experimentación e investigación, porque siempre tuvieron para nosotros una voz de aliento en cada dificultad que se presentó en el camino, quienes con su infinito amor llenaron de una excelente e invaluable energía nuestros corazones y nuestras mentes, la cual exhortó nuestro espíritu de ímpetu y animó nuestros cuerpos a completar con éxito este difícil proceso.

Al equipo investigador quienes dieron todo por llevar a cabo la investigación, quienes con su esfuerzo y sacrificio hicieron de este proyecto de grado una realidad y una nueva visión para la implementación de nuevas tecnologías a procesos que contribuyan el bienestar del ser humano y el mejoramiento del medio ambiente.


 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

AGRADECIMIENTOS

A la Ingeniera Lina Patricia Murcia Caro, por su gran sentido de pertenencia con la investigación, por su importante direccionamiento en el desarrollo de los experimentos, por su invaluable gestión y compromiso, ya que sin estas y muchas otras cualidades propias de su personalidad este proyecto no hubiese sido posible.


Al Ejército Nacional en cabeza del Centro Nacional Contra Artefactos Explosivos y Minas (CENAM) por su gran apoyo y direccionamiento en la consecución y manejo de los explosivos utilizados para los experimentos del presente proyecto de grado, así como en el préstamo de las áreas adecuadas y seguras para el desarrollo de las prácticas.

A los profesionales Hidráulicos y Explosivistas quienes con su conocimiento aportaron grandes ideas al proceso y soluciones eficientes a todos y cada uno de los inconvenientes presentados en el desarrollo de la investigación.


 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

CONTENIDO

RESUMEN	13
INTRODUCCION	14
1 GENERALIDADES.....	15
1.1 ANTECEDENTES	15
1.2 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	17
1.2.1 Descripción del problema	17
1.2.2 Formulación del problema	17
1.2.3 Sistematización	17
1.3 OBJETIVOS	18
1.3.1 Objetivo general.	18
1.3.2 Objetivos específicos.....	18
1.4 JUSTIFICACIÓN	19
1.5 DELIMITACIÓN	21
1.5.1 Espacio	21
1.5.2 Tiempo	21
1.5.3 Contenido.....	21
1.5.4 Alcance	21
1.6 MARCO REFERENCIAL	23
1.6.1 Marco teórico.....	23
1.6.2 Marco conceptual	54
1.6.3 Marco legal.....	56
1.7 METODOLOGÍA.....	60

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	---	---

1.8	DISEÑO METODOLÓGICO	64
2	ANÁLISIS DE RESULTADOS	81
3	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	100
3.1	CONCLUSIONES	100
3.2	RECOMENDACIONES	101
	BIBLIOGRAFÍA	102
	ANEXOS	107

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

LISTA DE FIGURAS

Ilustración 1. Tipos de microorganismos aerobios.	27
Ilustración 2. Tipos de microorganismos anaerobios.	28
Ilustración 3. Desarrollo de una detonación.	32
Ilustración 4. Proceso de una detonación.....	34
Ilustración 5. Distribución de la energía potencial de un explosivo en la voladura.	36
Ilustración 6. Presión vs. Tiempo.	38
Ilustración 7. Métodos de perforación y voladura subacuática.	42
Ilustración 8. Ensayo DBO dependiente de tiempo y temperatura.	50
Ilustración 9. Recipiente después de la detonación	64
Ilustración 10. Modelación del dispositivo	67
Ilustración 11. Dispositivo de autoclave	69
Ilustración 12. Floculador PTAR Mosquera, Cundinamarca.....	70
Ilustración 13. Toma de muestras PTAR Mosquera, Cundinamarca.....	71
Ilustración 14. Vista general PTAR Mosquera, Cundinamarca.....	71
Ilustración 15. Detonador eléctrico	73
Ilustración 16. Cordón Detonante.....	74
Ilustración 17. Explicación a explosivistas.....	75
Ilustración 18. Cebado y cierre del dispositivo de autoclave.	76
Ilustración 19. Dispositivo antes, durante y después de la primera detonación	77



 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	---	---

Ilustración 20. Cebado segunda detonación y detonación.	78
Ilustración 21. Cebado tercera detonación	79
Ilustración 22. Dispositivo durante y después de tercera detonación	79

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Contaminantes de las aguas residuales.	25
Tabla 2. Explosivos civiles.	44
Tabla 3. Especificaciones técnicas lámina galvanizada lisa calidad comercial	66
Tabla 4. Preservación de muestras.	72
Tabla 5. Caracterización inicial solidos suspendidos totales del agua residual.	82
Tabla 6. Caracterización final solidos suspendidos totales.	83
Tabla 7. Rango de eficiencia para solidos suspendidos totales.	83
Tabla 8. Caracterización inicial coliformes totales del agua residual.	84
Tabla 9. Calidad del agua según NMP de coliformes.	85
Tabla 10. Caracterización final coliformes totales.	85
Tabla 11. Rango de eficiencia para coliformes totales.	86
Tabla 12. Control Nitrógeno Total Inicial.	87
Tabla 13. Control Nitrógeno Total Final.	87
Tabla 14. Control Ortofosfatos Inicial.	89
Tabla 15. Control Ortofosfatos Final.	90
Tabla 16. Control Demanda Química de Oxígeno Inicial.	92
Tabla 17. Control Demanda Química de Oxígeno Final.	93
Tabla 18. Valores típicos de k, K, L	94
Tabla 19. Control Demanda Bioquímica de Oxígeno Inicial.	95



 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

Tabla 20. Control Demanda Química de Oxígeno Final. 95

Tabla 21. Comparación datos de los ensayos realizados. 97


Tabla 22. Comparativo valores iniciales, finales y límite establecido por la resolución 631 de 2015. 98

Tabla 23. Comparativo valores iniciales, finales y rango de eficiencia establecido por el decreto 0330 de 2017. 98

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Autorización ingreso personal base Tolemaida.	108
Anexo 2. Esquema PTAR de Mosquera.	109
Anexo 3. Ficha técnica detonador eléctrico fuerza 10.	110
Anexo 4. Caracterización Inicial del Agua residual.	111
Anexo 5. Caracterización Final del Agua residual.	112


 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

RESUMEN

El agua es la fuente de vida del ser humano, debido a esto, se han venido construyendo plantas de tratamiento de agua potable (PTAP) para que la calidad del agua sea óptima y funcional para el consumo humano. En el momento que las personas hacen uso del elemento, esta se convierte en agua residual la cual contiene altos índices de contaminación, microorganismos, bacterias (patógenos), material orgánico y demás componentes que impiden verterla en una fuente superficial ya que las condiciones no son las más adecuadas para devolverla al medio ambiente. Por lo tanto, existe plantas de tratamiento de agua residual (PTAR), las cuales se encargan de hacerle el procedimiento correspondiente al elemento para lograr limpiarla de manera considerable y poder verterla en la fuente superficial con una calidad permisible.

Esta investigación pretende optimizar el tratamiento del agua residual mediante sobrepresiones con detonaciones después de que ésta se encuentra en el tratamiento secundario basándose en referencias bibliográficas y prácticas de laboratorio los cuales permitirán analizar y comparar las variaciones físico-químicas y biológicas del agua residual cuando se somete al procedimiento propuesto.

A partir del presente proyecto de grado elaborado, se realizaron pruebas experimentales y ensayos de laboratorio siguiendo los parámetros, preservación y custodia de las muestras para lograr que el agua residual sometida a sobrepresión estuviera lo menos alterada posible. Al realizar el análisis de las variaciones físico-químicas y biológicas del agua residual se logró determinar que en algunos parámetros evaluados hubo un buen porcentaje de remoción, sin embargo, se debe mejorar el método o complementarlo con alguno ya existente.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--


INTRODUCCION

Como es elemental, el agua es la fuente de vida del ser vivo. No obstante, para que el ser humano pueda llegar a consumirla sin afectar su salud, ésta es sometida a una serie de tratamientos de potabilización los cuales deben garantizar su calidad. Estos procedimientos se realizan en plantas debidamente diseñadas y construidas por especialistas para lograr un buen resultado. En este proyecto se aborda a grandes rasgos los procesos para el tratamiento del agua, pero se centra en el tratamiento de aguas residuales.

El proyecto tiene como objetivo fundamental analizar la variación de las características físico-químicas y biológicas del agua residual a raíz de detonaciones controladas. Este estudio es basado en conceptos teóricos y prácticos mediante referencias bibliográficas y/o ensayos propios los cuales se ven reflejados durante el contenido de este documento. Ampliando un poco acerca de lo que se contempla en este proyecto se encuentra los tratamientos requeridos para el agua residual, los tipos de explosivos que existen junto con sus características físico-químicas y biológicas; a su vez, se identifica los ensayos de laboratorio necesarios para conocer el estado en el que se encuentra el agua a tratar antes y después de someterla al explosivo mediante detonaciones controladas.

La contaminación del agua residual puede generarse por microorganismos, variaciones bruscas de temperatura y demás factores los cuales se mencionan en el transcurso de esta investigación, por ende, el alcance del proyecto se enfoca en examinar el comportamiento físico-químico y biológico de agua al someterla a sobrepresión mediante explosivos de tal modo que contribuya a la reutilización de dicha agua con fines industriales y/o agrícolas.

Esta investigación se hace con el fin de abrir una nueva posibilidad de tratamiento de agua residual teniendo en cuenta el uso de explosivos en una pequeña cantidad cuando ésta se encuentre en el tratamiento secundario.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

1 GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

Para la construcción de los antecedentes del uso de explosivos en ámbitos similares a la presente investigación, se realizó una revisión y análisis documental sobre estudios previos relacionados con el objeto de este trabajo de grado.

Título: Los explosivos en ingeniería y su empleo en voladuras subacuáticas.

Autor: Alba Leguizamón Oscar Javier [5].

Año de publicación: 2.015, Bogotá.

Tipo de documento: Documento de sitio web. Repositorio trabajos de grado Universidad Militar Nueva granada.


Comentario:

Este trabajo presenta el explosivo como una herramienta para el desarrollo de proyectos de ingeniería de todo tipo, con énfasis en voladuras submarinas. El autor propone y aclara la evolución de los explosivos en los últimos años y la forma en que se han aplicado a diversas ramas de la ingeniería.

Así mismo, identifica cuáles son los hitos de la historia que han marcado la evolución de explosivos en condiciones de uso y los resultados esperados en las áreas en las que éstas sean implementadas.


Da a conocer tipos de voladuras las cuales fueron analizadas, estudiadas y aplicadas en Colombia para aportar una visión más amplia de un tema que algunos autores han indagado; por ejemplo, las explosiones bajo el agua: explicar los fundamentos, la elaboración de una detonación de este tipo, y los métodos principales para que ello sea efectivo.

El autor concluye que el trabajo en voladuras subacuáticas implica tener en cuenta la perforación de más barrenos y por ende el uso de hasta tres veces más explosivos

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

que los usados en una voladura de banco convencional, aunque entre menos barrenos se perforen más completa será la rotura y fragmentación.

Se debe tener en cuenta que en promedio el 4% de los barrenos perforados son defectuosos e imposibilitados para cebar, adicionalmente entre el 5% y el 20% de los barrenos cargados presentan fallas en los detonadores y los cordones detonantes.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

1.2 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Descripción del problema

En la actualidad, existe una disminución en la calidad de agua potable que las plantas de tratamiento suministran a las ciudades, municipios, veredas, etc. lo cual afecta la salud humana; adicionalmente, las contaminaciones de las fuentes hídricas generan una pérdida en los ecosistemas que la proveen, incrementando la problemática de salud pública.


Entrando un poco en contexto, el tratamiento de aguas residuales consiste en un proceso de intervención físico químico y biológico para lograr eliminar los diversos contaminantes que se encuentran en el agua. Como anteriormente se había mencionado, estas aguas son sometidas a tres procedimientos principales para lograr el tratamiento de la misma (tratamiento primario, secundario y terciario).

1.2.2 Formulación del problema

Debido a que el tratamiento secundario es el proceso en el cual se centra este proyecto y es la fase donde se eliminan gran parte de los microorganismos que habitan en el agua residual mediante diferentes métodos (posteriormente se mencionaran a grandes rasgos), se genera la siguiente incógnita, ¿Cuál es el cambio físico, químico y biológico del agua residual al ser sometida a sobrepresión mediante detonaciones controladas con explosivos?

1.2.3 Sistematización

Esta investigación lleva a identificar si este cambio es funcional o no en el tratamiento de aguas residuales teniendo en cuenta las pruebas realizadas en campo, los resultados obtenidos de las muestras sometidas a sobrepresión mediante explosivos y la debida comparación de las características físico, química y biológicas del agua antes y después de las detonaciones controladas.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	---	---


1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general.

- Determinar la variación de las características fisicoquímicas y biológicas del agua residual sometida a sobrepresión mediante detonaciones.

1.3.2 Objetivos específicos.

- Determinar las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua residual mediante pruebas de laboratorio de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Nitrógeno Total, Fosforo Total, Sólidos Totales y Coliformes Totales, después del tratamiento secundario.
- Someter a sobrepresión generada por detonaciones en un dispositivo autoclave, el agua residual en tratamiento secundario.
- Determinar las propiedades físico-químicas y biológicas del agua residual mediante pruebas de laboratorio de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Nitrógeno Total, Fosforo Total, Sólidos Totales y Coliformes Totales, después de haber sido sometida a sobrepresión generada por explosivos.
- Comparar los resultados de los ensayos de laboratorio realizados tanto al agua residual después del tratamiento secundario en planta de tratamiento, como a los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio del agua residual sometida a sobrepresión de una detonación.


 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

1.4 JUSTIFICACIÓN


Debido a que el tema de este proyecto es la variación de las características físicoquímicas y biológicas del agua residual sometida a sobrepresión mediante detonaciones y una vez revisado los antecedentes mediante la indagación de las bases de datos de la Universidad Católica de Colombia y otras universidades, bases de datos de artículos científicos, libros y demás, se informa que no se hallaron aportes; adicionalmente, se investigó en otros planteles educativos pero no se encontró registro alguno. Por ende, esta propuesta es de carácter innovador logrando aportar tanto en la parte académica de la Universidad como al mejoramiento de procesos convencionales en el tratamiento de aguas residuales y en la utilización de nuevas técnicas.

Entrando un poco en contexto, el ingeniero civil tiene un amplio campo de acción en el cual puede desarrollar su profesión e implementar los conocimientos técnicos que posee, sus funciones pueden ir desde el diseño de cualquier estructura hasta la construcción de la misma. Aunque el diseño es una parte fundamental en cualquier estructura a construir, no se debe pasar por alto los posibles percances y/o obstáculos que se puedan presentar en la ejecución del mismo y las diversas variables que pueden aparecer a lo largo de la obra. Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado, este proyecto centra su atención en el área de las aguas ya que es de gran importancia indagar acerca de la fuente de vida principal del ser vivo principalmente en el tratamiento de aguas residuales, tema fundamental en este proyecto.

Para lograr un adecuado tratamiento de aguas residuales, se debe someter a tres procesos principales: tratamiento preliminar (o primario), tratamiento secundario y tratamiento terciario; estos procedimientos conllevan una serie de actividades rigurosas y extensas las cuales se nombrarán en el marco teórico de este documento.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

Por lo anterior, se centra la atención en el tratamiento secundario de las aguas residuales ya que en esta fase se logra identificar las características físicas químicas y biológicas del agua residual. Por ello, se genera la búsqueda de someterla a sobrepresión mediante explosivos para poder estudiar estos resultados y compararlos frente a otros métodos ya estipulados para determinar si es viable o no este procedimiento propuesto.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

1.5 DELIMITACIÓN

1.5.1 Espacio

Esta investigación se realiza en la base militar de Tolemaida para realizar las detonaciones controladas con personal debidamente capacitado, los ensayos de laboratorio se ejecutarán en una empresa especializada en el análisis de las muestras para tener unos resultados más veraces y analizar de manera más eficaz los resultados iniciales contra los finales.

1.5.2 Tiempo

El tiempo para realizar la investigación pertinente junto con los ensayos estipulados en este documento es de aproximadamente ocho (8) meses previendo los posibles percances que se puedan presentar a lo largo del camino.


1.5.3 Contenido

Mediante la presente investigación se puede determinar la eficiencia, eficacia y efectividad de los explosivos en el tratamiento de agua residual, como fuente generadora de sobrepresión, para mejorar sus propiedades físicas y químicas con el fin de optimizar el proceso de descontaminación y purificación del agua para entregarla al medio ambiente en las condiciones más similares posibles a las que se realizó la captación.

Dentro del contenido de este informe se tendrán datos iniciales del agua residual en tratamiento secundario de la PTAR de Mosquera y los datos finales después de haberla sometida a sobrepresión, realizando un análisis por cada ensayo y determinando sus variaciones para identificar la eficiencia y eficacia del procedimiento propuesto.

1.5.4 Alcance


Lo anterior mediante la comparación de los resultados de ensayos de laboratorio obtenidos en la planta de tratamiento de aguas residuales mediante los métodos convencionales y usados principalmente en nuestro país para tal fin. Debido a que

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

los laboratorios de la Universidad Católica de Colombia no cuentan con la capacidad para la realización de ensayos como Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Nitrógeno total, Fosforo total, Solidos suspendidos totales y coliformes totales, los mismos se realizarán en un laboratorio particular perteneciente a la empresa Laboratorios Chemilab.

Para la realización de esta investigación se debe tener en cuenta la normatividad vigente para el uso, manejo y almacenamiento de los explosivos, ya que debido a la situación de orden público que se vive en esta nación, la mencionada actividad se encuentra bajo estrictos controles y vigilancia por parte del Ministerio de Defensa Nacional y demás autoridades competentes.

De la misma manera se debe tener clara la parametrización existente por la empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá, así como la legislación existente en materia ambiental a las características que debe cumplir el agua para el vertimiento después del tratamiento para la descontaminación y potabilización

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

1.6 MARCO REFERENCIAL

1.6.1 Marco teórico


Como anteriormente se había mencionado, el agua es la fuente vital de todo ser vivo que habita en el planeta Tierra, por ende, se debe establecer unos parámetros fundamentales para que esta fuente de energía sea lo más óptima posible y logre ser consumida sin ninguna contraindicación por el ser humano. Para ello, existen dos tipos de plantas de tratamiento de aguas: PTAP (Planta de tratamientos de agua potable) y PTAR (Planta de tratamientos de agua residual).

Por otra parte, los explosivos han sido materiales que han cogido fuerza en la ingeniería civil debido a sus características químicas y su aplicación en implosiones controladas en cualquier tipo de estructura.

AGUA POTABLE

El agua potable es sometida a una serie de procesos necesarios para lograr las condiciones óptimas y ser consumida por el ser humano. El tratamiento al cual se somete la fuente de vida consta de cuatro fases: tamizado, sedimentación, coagulación/floculación y filtración.

El *tamizado* es la fase inicial del tratamiento del agua potable el cual consta de la separación de sólidos grandes flotantes en el agua. La *sedimentación* es aquella etapa en la que el agua fluye con lentitud en un tanque de almacenamiento para lograr que las partículas más grandes que la contienen se asientan en el fondo antes de que esta salga por un vertedero. La *coagulación/floculación* es aquel proceso físico químico que se emplea a las partículas que no se lograron sedimentar en la fase anterior debido a su pequeño tamaño; estas son llamadas partículas coloidales. Por último, está la fase de *coagulación* el cual consiste en aplicar un producto químico a las partículas coloidales que no se lograron depurar en la fase anterior y desestabilizarlas mediante cargas positivas (ya que estas están compuestas por

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

cargas negativas) y lograr que se repelan entre sí. En cuanto a los coagulantes más utilizados para el tratamiento de agua potable se encuentra el alumbre.¹

AGUA RESIDUAL

Como se mencionó en el marco conceptual el agua residual es aquel material derivado por desechos domésticos y/o industriales. Antes de que este elemento desemboque en el sitio de disposición final, debe someterse a un tratamiento especial ya que contiene microorganismos y lo que se busca es evitar la contaminación de los ríos y/o lagunas.²

Existen diferentes tipos de contaminantes y la contribución de cada uno de ellos varía de manera significativa. A continuación, se identifican las clases existentes que se pueden presentar en el agua residual.³

¹ Heinke, J. G. (1999). Ingeniería Ambiental. Mexico: Pearson Educación. Obtenido de <https://books.google.com.co/books?id=ToQmAKnPpzlC&pg=PA396&dq=planta+de+tratamiento+de+agua+potable&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiv2eH6lfnZAhUktlkKHa7jBEEQ6AEIMDAD#v=onepage&q=planta%20de%20tratamiento%20de%20agua%20potable&f=false>

² Baron, L. M. (2009). Aguas Residuales. No Informa: El Cid Editor. Obtenido de <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliucatolicasp/reader.action?docID=3180525&query=aguas+residuales>

³ Carlos M. Lopez, G. B. (2008). Biological treatment of wastewater. Londres: IWA

Tabla 1. Contaminantes de las aguas residuales.


CONTAMINANTES DE LAS AGUAS RESIDUALES	Microorganismos.	Son organismos patógenos.	Riesgos en actividades acuáticas, y baños.
	Material orgánica biodegradable.	Disminución de oxígeno disuelto.	Muerte de peces y olor.
	Otros compuestos orgánicos.	Detergentes, plaguicidas, aceites, etc.	Efectos tóxicos, alteración en la cadena alimenticia.
	Nutrientes.	Nitrogeno, fosforo, amoniac	Agotamiento de oxígeno disuelto, efectos tóxicos.
	Metales.	Hg, Pb, Cd, Cr, Cu, Ni	Efectos tóxicos, bio-acumulación.
	Otros compuestos inorgánicos.	Ácidos	Corrosión, efectos tóxicos.
	Efectos térmicos.	Agua caliente.	Cambios en las condiciones de vida flora y fauna.
	Olor y sabor	Sulfuro de Hidrógeno	Efectos tóxicos.
	Radioactividad	efectos tóxicos, acumulación	

Fuente. Carlos M. Lopez, G. B. (2008). *Tratamiento biológico de aguas residuales*. Londres: IWA Publishing.

No obstante, se debe contemplar la cantidad de materia orgánica que contiene el agua residual, por lo cual se establecieron dos parámetros para ser medida: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Demanda Química de Oxígeno (DQO). La DBO arroja la cantidad de concentración de materia orgánica biodegradable y la DQO es la oxidación química de las sustancias oxidables que contienen la muestra.⁴

El tratamiento de aguas residuales consta de tres fases: Tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario.

⁴ Peral, X. D. (2006). *Química ambiental de sistemas terrestres*. Barcelona: Reverté. Obtenido de https://books.google.com.co/books?id=S4bjFOEXRzMC&pg=PA190&dq=dbo+y+dqo&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi_k-q4q_nZAhXHpFkKHbzfBH8Q6AEIKjAB#v=onepage&q=dbo%20y%20dqo&f=false

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

TRATAMIENTO PRIMARIO

Esta fase es la primera que se realiza para el tratamiento de aguas residuales, en ella se eliminan los sólidos grandes, arenas, grasas y espumas de agua que se encuentran presentes. En la etapa del tamizado se recoge el material que se concentre en los tamices para su posterior evacuación y disposición controlada. En segunda instancia, se procede a la sedimentación primaria la cual logra eliminar los sólidos suspendidos y disueltos. Esta fase logra eliminar entre un 50 y 65% de sólidos.⁵

TRATAMIENTO SECUNDARIO

En esta fase se va profundizar un poco más ya que el proyecto se centra en las variaciones físico químicas y biológicas del agua residual que pueden generar las detonaciones mediante explosivos teniendo en cuenta que esta muestra se va encontrar con materia orgánica y con presencia de microorganismos los cuales se observan en esta etapa del tratamiento.

El tratamiento secundario es un proceso biológico convencional para lograr eliminar la materia orgánica que habita junto con los microorganismos que se generan. Este tratamiento logra eliminar aproximadamente un 90% de DBO y el 90% de sólidos suspendidos.⁶

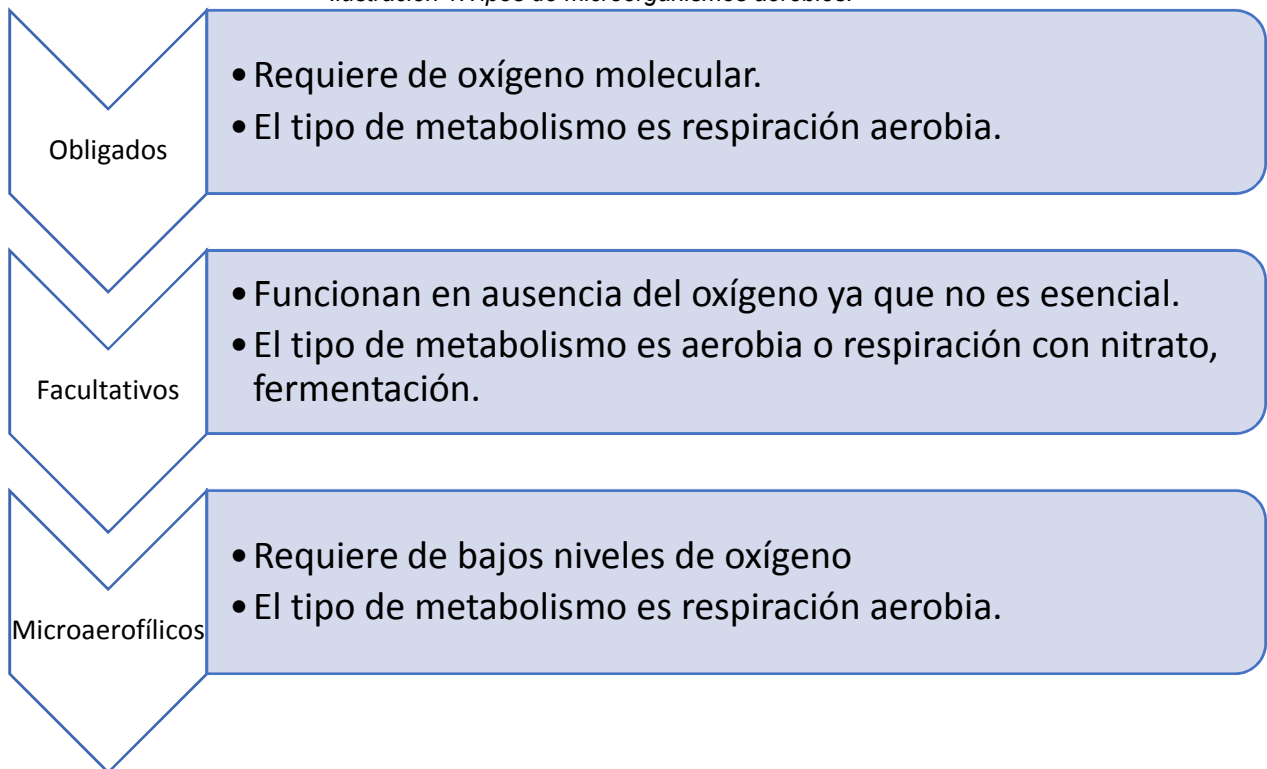
Para lograr que la materia orgánica se degrade la mayor cantidad posible se procede a utilizar dos tipos de procedimientos: aerobios y anaerobios teniendo en cuenta si el microorganismo requiere o no de oxígeno.

⁵ Manahan, S. E. (2007). Introduction to Environmental Chemistry. Barcelona: Reverté.

⁶ Jacobson, W. J. (1996). Continuing education program in environmental education for teachers and secondary school science advisors. Bilbao: The books of the fall. Obtenido de <https://books.google.com.co/books?id=zqyAlsLXv88C>

El proceso **aerobio** es aquel en el cual el microorganismo demanda de oxígeno. Existe una variación relevante entre los microorganismos en cuanto a la tolerancia, necesidad o sensibilidad al oxígeno molecular el cual se muestra a continuación:⁷


Ilustración 1. Tipos de microorganismos aerobios.



Fuente. Carlos M. Lopez, G. B. (2008). Tratamiento biológico de aguas residuales. Londres: IWA Publishing.

Debido a la reacción de forma global que tiene el tratamiento aerobio se puede identificar que la materia orgánica se degrada y se mineraliza generando el nacimiento de nuevos microorganismos. Por otra parte, se debe tener en cuenta que el metabolismo de estos microorganismos depende mucho de las condiciones

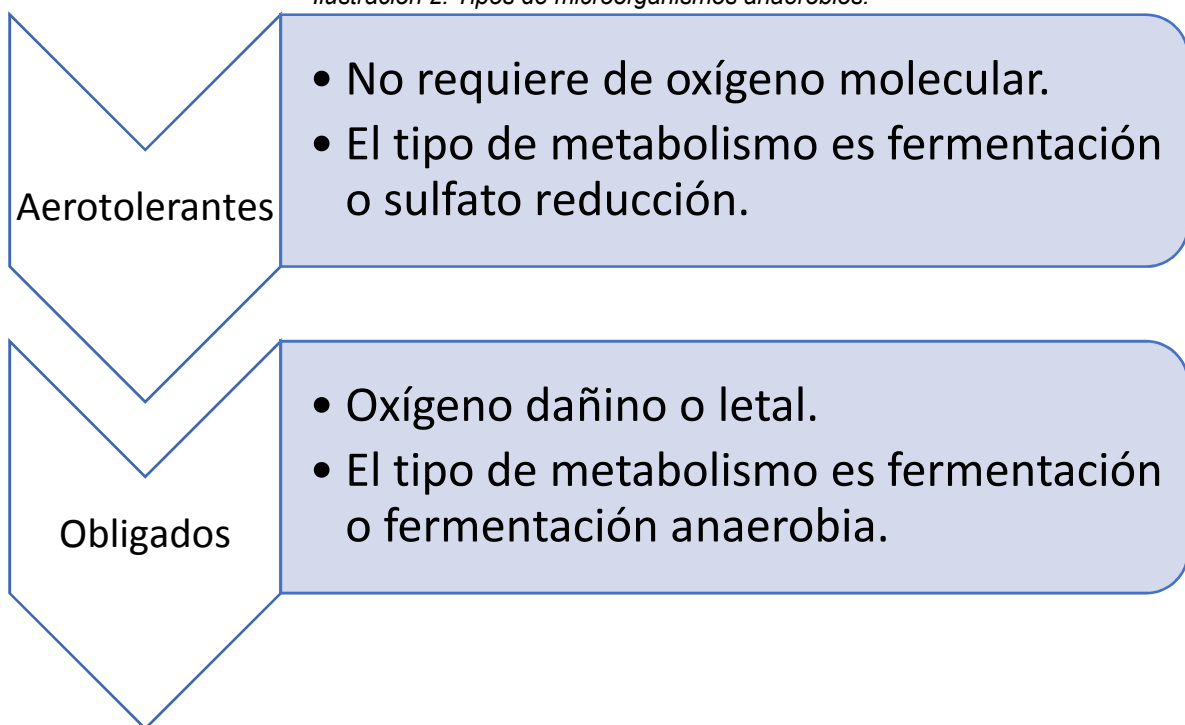
⁷ Carlos M. Lopez, G. B. (2008). Biological treatment of wastewater. Londres: IWA Publishing.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	---	---

del medio en los que se encuentren, no obstante, la presencia de sustancias tóxicas pueden generar un obstáculo en el crecimiento de los mismos.⁸

En cuanto al proceso **anaerobio** es aquel en el cual el microorganismo no demanda de oxígeno. Al igual que en el proceso aerobio, existe una variación entre los microorganismos donde se puede observar la necesidad, sensibilidad y tolerancia al oxígeno molecular.⁹


Ilustración 2. Tipos de microorganismos anaerobios.



Fuente. Carlos M. Lopez, G. B. (2008). Tratamiento biológico de aguas residuales. Londres: IWA Publishing.

⁸ María del Pilar Cabildo miranda, R. C. (2008). Reciclado y tratamiento de residuos. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia. Obtenido de <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliuocatolicasp/detail.action?docID=3199391>.

⁹ Carlos M. López, G. B. (2008). Biological treatment of wastewater. Londres: IWA Publishing.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

Como se mencionó anteriormente, el proceso anaerobio no requiere de oxígeno lo cual la materia orgánica que contiene las aguas residuales debe contener esa molécula para que los microorganismos puedan desarrollarse sin ningún problema.

Una de las ventajas de implementar el proceso anaerobio es que logra producir biogás aprovechable, permite la degradación en las aguas residuales con gran cantidad de materia orgánica, es repelente con los lodos y no requiere de muchos nutrientes. Sin embargo, este requiere de más tiempo, genera malos olores y se debe garantizar la ausencia de oxígeno. Por otra parte, el proceso aerobio logra un mayor rendimiento en la depuración, no genera mal olor, pero sus desventajas es que requiere de una gran cantidad de nutrientes, produce una cantidad de lodos y mayores costes energéticos.¹⁰

TRATAMIENTO TERCARIO


Esta etapa es la última que se emplea en el tratamiento de aguas residuales debido a que al realizar la depuración de la materia orgánica en el tratamiento secundario quedan sustancias que pueden afectar significativamente la disposición final donde se vuelque estas aguas. El tratamiento terciario consta de un procedimiento físico químico el cual busca eliminar la presencia bioquímica del oxígeno, el nitrógeno y el fosforo.¹¹

En la fase final se busca eliminar: olor, patógenos, detergentes, compuestos nitrogenados; reducir la carga orgánica y disminuir el contenido de material disuelto.¹²

¹⁰ María del Pilar Cabildo miranda, R. C. (2008). Reciclado y tratamiento de residuos. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia. Obtenido de <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliucatolicasp/detail.action?docID=3199391>.

¹¹ Gerard J Tortora, B. R. (2007). Introducción a la microbiología. Buenos Aires: Editorial Medica Panamericana. Obtenido de <https://books.google.com.co/books?id=Nxb3iETuwpIC>

¹² María del Pilar Cabildo miranda, R. C. (2008). Reciclado y tratamiento de residuos. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia. Obtenido de <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliucatolicasp/detail.action?docID=3199391>.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

CLASIFICACIÓN DE LOS EXPLOSIVOS.

Dada la variedad de explosivos fabricados en la actualidad, se pueden distinguir o clasificar en grupos por sus características iniciales como puede ser¹³:

- Por su estado físico, pueden ser gases (Nitrógeno), líquidos (Nitroglicerina), emulsiones (Nitrato de Amonio), en gel (Indugel), plásticos (C-4) y pulverulentos (Pentrita).
- Por su empleo, pueden ser propulsores (Pólvora Negra), iniciadores (Fulminato de Mercurio) o rompedores (TNT).
- Por su velocidad de reacción, estos pueden ser deflagrantes es decir de reacción lenta (Pólvora Negra) y rápidos (PENT).
- Por su forma de reacción, pueden ser químicos (Compuestos Nitrados), Nucleares (Uranio, Plutonio) y Especiales (Son esencialmente gases que reaccionan en presencia de calor).


CARÁCTER FÍSICO – QUÍMICO DE LOS EXPLOSIVOS.

Los explosivos químicos, según las condiciones a que estén sometidos, pueden ofrecer un comportamiento distinto el propio de su carácter explosivo. Los procesos de descomposición de una sustancia explosiva son: la combustión propiamente dicha, la deflagración y, por último, la detonación. Tanto la naturaleza de la propia sustancia como la forma de iniciación y condiciones externas gobiernan el desarrollo de la descomposición.

COMBUSTIÓN.

Es un tipo de reacción bastante lenta, y es capaz de desprender calor, estas son características que permiten que puedan ser o no, percibida por nuestros sentidos.

¹³ Canarias, i. t. (2008). energías renovables y eficiencia energética. canarias: ISBN.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

DEFLAGRACIÓN.

La deflagración es un sinónimo de una combustión rápida, es un fenómeno superficial que maneja velocidades bajas, que usualmente no supera los 1000 m/s, por lo cual es un proceso exotérmico donde las reacciones se propagan por conducción térmica y radiación.¹⁴

DETONACIÓN.


Los explosivos detonantes se caracterizan por cumplir con procesos físico-químicos en los cuales se producen muy altas velocidades de reacción y de la misma manera se producen una elevada cantidad de gases a temperaturas muy altas que a su vez tienen una gran fuerza expansiva la cual se traduce en presión sobre el área circundante.

La velocidad de las moléculas que se gasifican en primer lugar es tan elevada que su calor no lo traspasan por conductividad a la zona de carga, sino que se convierte en un choque, deformándola y produciendo una explosión adiabática que da origen a nuevos gases. Esto se repite y produce un movimiento ondulatorio que se denomina “onda de choque” que se mueve a velocidades entre los 1500 y 7000 m/s de acuerdo con la composición del explosivo y las condiciones de iniciación.¹⁵ Una característica de la onda de choque es que una vez alcanza sus condiciones de equilibrio (temperatura, velocidad, presión) este se mantiene durante todo el proceso. Al igual que en la deflagración, en la detonación la turbulencia de los productos gaseosos da lugar a la onda de choque.

La región donde se da origen a esta onda y las condiciones de presión aumentan rápidamente se denomina “frente de choque” y es aquí donde ocurren las reacciones químicas que convierten la materia explosiva en sus productos finales. Por detrás de este, se origina una zona de reacción que está delimitada por el plano ideal que se denomina “Plano de Chapman-Jouget (CJ)” en donde se alcanza el

¹⁴ EXSA. (1986). MANUAL PRACTICO DE VOLADURA. Lima, Perú.

¹⁵ Bartolomé, F. A. (1972). Los Explosivos y sus Aplicaciones. Labor SA.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

nivel de equilibrio en cuanto a presión, velocidad, temperatura, densidad y composición. Este plano los gases se encuentran en hipercompresión.

Una de las diferencias que encontramos es que en el caso de una combustión o deflagración los productos se mueven en sentido contrario al de la combustión, mientras que en el caso de la detonación, estos se mueven en el mismo sentido, lo cual da origen a la ecuación fundamental conocida como “condición de Champman-Jouguet”¹⁶

$$VOD = S + W$$

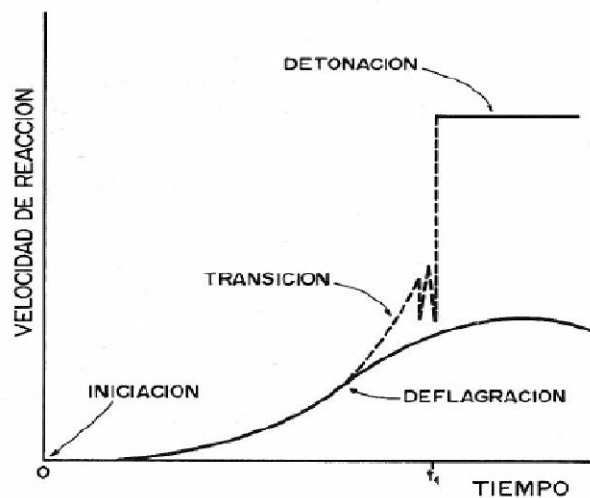
Donde:

VOD : Velocidad de detonación

S : Velocidad del sonido


W : Velocidad de partículas (producto).

Ilustración 3. Desarrollo de una detonación.



Fuente. Manual de Voladura -EXSA

¹⁶ EXSA. (1986). MANUAL PRACTICO DE VOLADURA. Lima, Perú.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

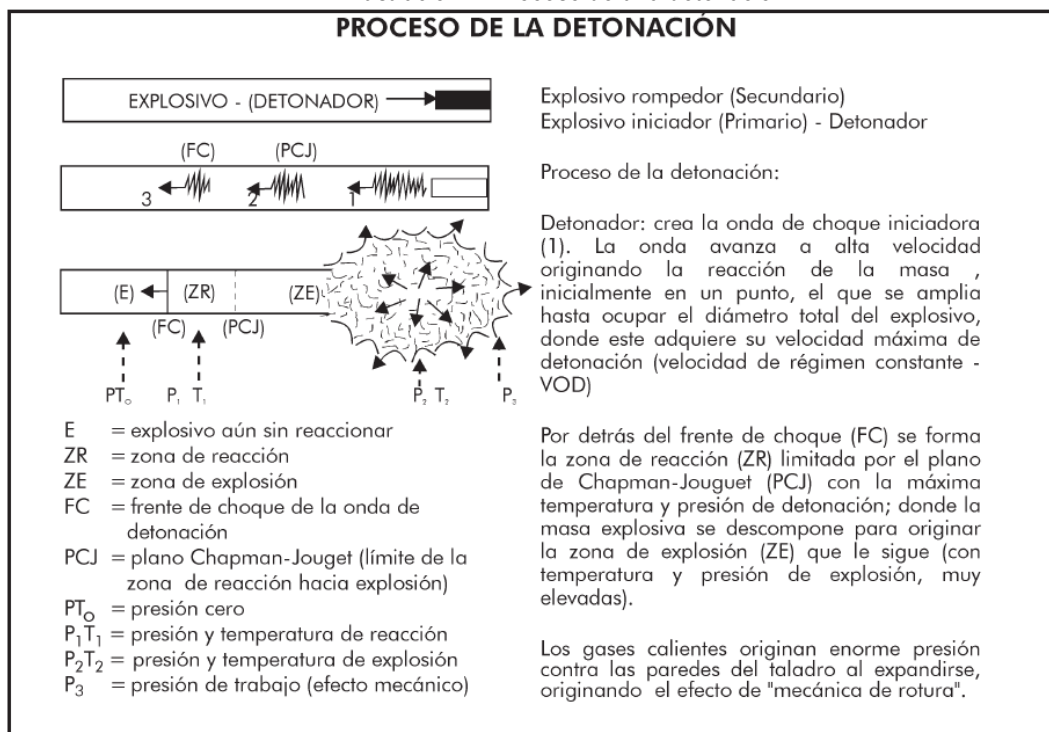
En conclusión, podemos afirmar que en la deflagración y la detonación se llevan a cabo reacciones de óxido – reducción, donde la deflagración es de carácter subsónico debido a que sus ondas de dilatación y compresión actúan a velocidades más bajas que la del sonido; por su parte la detonación es de carácter supersónico ya que sus ondas de compresión se propagan a una velocidad mayor a la del sonido.

De forma general podemos decir que los explosivos pueden ser catalogados de acuerdo a su velocidad como:

- a. Detonantes de alto régimen: manejan velocidades superiores a los 5000 m/s por ejemplo los explosivos de uso militar.
- b. Detonantes de régimen normal: esta categoría corresponde a la gran mayoría de explosivos de uso comercial con velocidades entre los 1800 m/s y 5000 m/s.
- c. Detonantes de bajo régimen: es una categoría de transición entre los deflagrantes y los detonantes cuyas velocidades oscilan entre los 1000 y los 1800 m/s.
- d. Deflagrantes: cuando la velocidad está por debajo de los 1000 m/s.



Ilustración 4. Proceso de una detonación.



Fuente. Manual de Voladura -EXSA


EXPLOSIÓN.

La explosión es un fenómeno de naturaleza física, por tal motivo es considerado como un efecto, no una causa. Se consideran varios tipos de explosión debido a su origen, al hecho que desencadenan fuerzas capaces de causar daños materiales y a la cantidad de energía liberada:¹⁷

A. Explosión por descomposición muy rápida:

Una liberación súbita e instantánea de energía a causa de una descomposición muy veloz de materias inestables requiere de un explosivo y una táctica de detonación.

¹⁷ Arauso, O. C. (2014). técnicas Modernas en Voladuras Controladas en Minería a Cielo Abierto. Perú.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

B. Explosión por oxidación muy rápida del aire.

La liberación de energía formada por oxidación fulminante de vapor, gas o polvo inflamable.

C. Explosión Nuclear.

Implica la liberación de gran cantidad de energía generada a partir de la fusión nuclear, tal como ocurre en la bomba atómica.

D. Explosión por exceso de presión.

Esta clase de explosión está dada por la liberación de energía instantáneamente a causa de un exceso de presión en calderos, envases o recipientes y puede ser ocasionada por diversos factores.

E. Ignición espontanea.

Tiene lugar cuando existe un proceso lento de oxidación de la materia por una fuente externa de calor; hasta que el producto se inflama por si solo como es el caso del carbón mineral acumulado.

TERMOQUÍMICA DE LOS EXPLOSIVOS

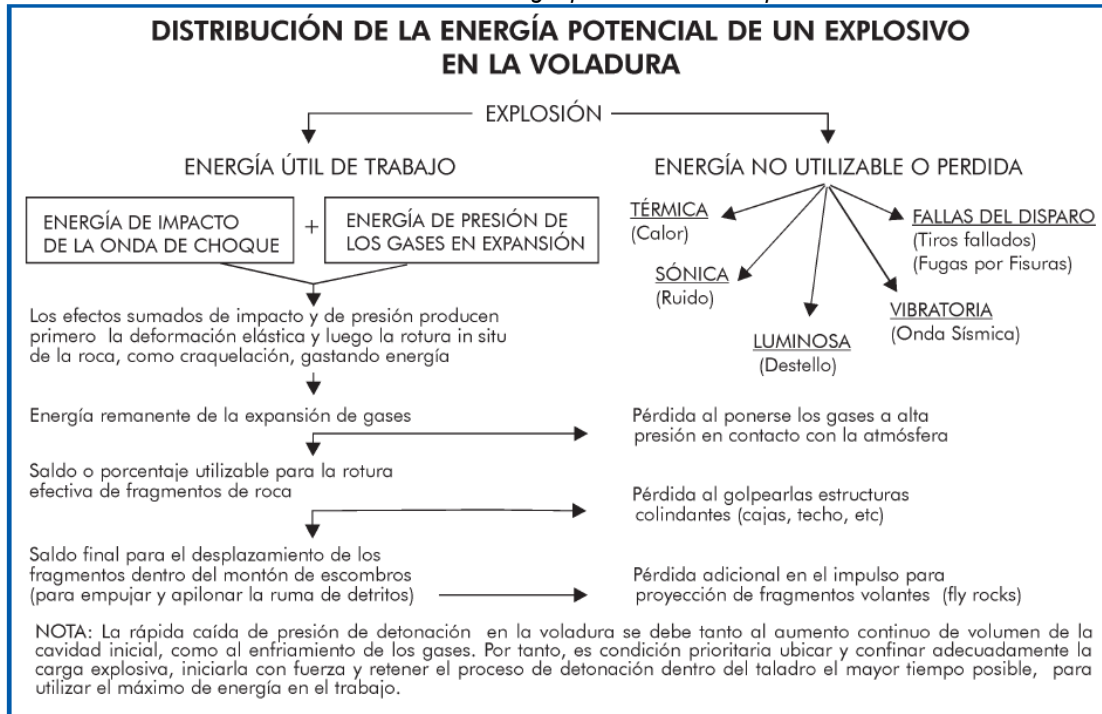
Con la termoquímica de los explosivos se hace referencia a la energía interna y a sus cambios que principalmente se hacen en forma de calor, así, la energía que contienen los explosivos se encuentra en forma de energía potencial, la cual es convertida en energía cinética o mecánica mediante el proceso de detonación. Es aquí donde se aplica la “*Ley de la Conservación de la Energía*” la cual establece que en cualquier sistema la energía debe ser constante, así:

$$\text{Energía Potencial} + \text{Energía Cinética} = \text{cte.}$$

A pesar de lo anterior, de toda la energía contenida en el explosivo hay unas partes que no se transforman en trabajo útil, existen unas pérdidas que se exponen en el siguiente cuadro y además se debe proporcionar la energía necesaria para fracturar la roca, desmenuzarla y desplazar los fragmentos.¹⁸

¹⁸ ENAEX. (2013). Manual de tronadura. Chile.

Ilustración 5. Distribución de la energía potencial de un explosivo en la voladura.



Fuente. Manual de Voladura -EXSA


Dentro de la termoquímica se pueden encontrar los siguientes parámetros:

PRESIÓN

Efecto de la acción expansiva de los gases calientes de una explosión.

- A. Presión de Detonación: es un parámetro muy importante para definir la capacidad de fragmentación de un explosivo y la podemos definir como la presión existente en el plano "CJ" detrás del frente de detonación, su valor se expresa en kilo bares (Kbar) o mega pascales (MPa) y varía entre 500 y 1500 MPa, para calcularla utilizamos la siguiente formula: ¹⁹

¹⁹ Jimeno, C. L. (s.f.). Manual de perforación y Voladura de Rocas. España: Instituto Tecnológico GEO minero de España.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

$$PD = P_e \times VOD \times W \times 10^{-5}$$

Donde:

- PD : Presión de detonación, en kbar.
 P_e : Densidad del explosivo, en g/cm^3
VOD : Velocidad de detonación, en m/s
W : Velocidad de partícula (productos), en m/s
 10^{-5} : Factor de conversión.

- B. Presión de Explosión: antes de cualquier expansión, se considera que es la presión de los gases producidos por la detonación cuando todavía ocupan el volumen inicial. Se ha comprobado que la presión de explosión equivale a la mitad de la presión de detonación.

$$PE = 0.5 \times PD$$

- C. Presión de Taladro o de Trabajo: es aquella que se ejerce sobre las paredes del taladro justo antes de iniciarse la deformación de la roca. Esta depende directamente de la densidad de carguío (d_c) y esta a su vez nos da la medida del grado de llenado. Para la mayoría de los explosivos de uso comercial la presión de taladro obedece a la siguiente ecuación:

$$PT = PE \times d_c^{2.5}$$

La presión de explosión decae rápidamente hasta alcanzar lo que denominamos la presión de taladro la cual en términos generales equivale entre el 30% y el 70% de la presión de detonación.


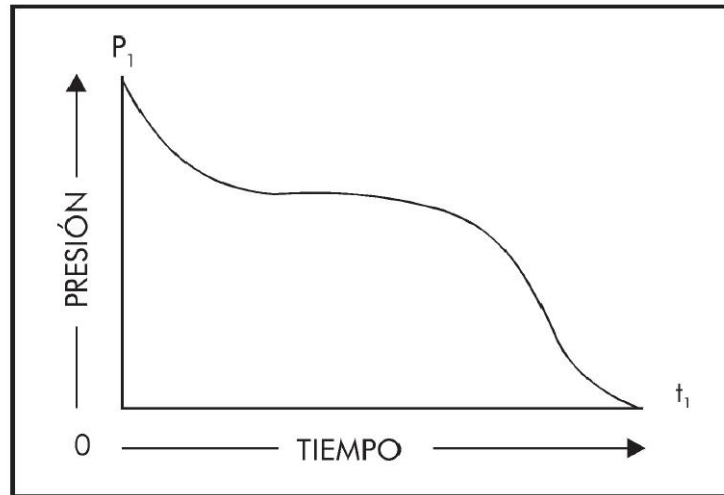
 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	---	---

Ilustración 6. Presión vs. Tiempo.



Fuente. Manual de Voladura –EXSA

CALOR DE EXPLOSIÓN.

Es el calor producido y liberado por el proceso de reacción de un explosivo al ser activado. Cuando se genera una explosión a presión constante efectuando únicamente un trabajo de expansión o compresión, “la Primera Ley de la Termodinámica” afirma que:²⁰

$$Q_c = \Delta ((U_c + (P \times V)))$$

Donde:


Q_c : calor liberado por la explosión.

U_c : energía interna del explosivo.

P : presión.

V : volumen.

²⁰ EXSA. (1986). MANUAL PRACTICO DE VOLADURA. Lima, Peru.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

Como ($U_c + PV$) se refiere al calor contenido o entalpía H_p , entonces puede reemplazarse como:

$$Q_c = - \Delta H_p$$

Así el calor de explosión a presión constante es equivalente a la variación de entalpía y puede calcularse estableciéndose el balance térmico de la reacción.

VOLUMEN DE EXPLOSIÓN

Es el volumen que dominan los gases producidos por un kilogramo de explosivo en condiciones normales. El volumen o mol de la molécula-gramo de cualquier gas, en condiciones normales es 22,4 litros.

A una temperatura más elevada el volumen de gases aumenta de acuerdo con la “Ley de Gay-Lussac”. En la práctica, metales pulverizados como el aluminio se emplean para aumentar el calor de explosión, los que al elevar las temperaturas de reacción elevan la presión de gases.²¹


BALANCE DE OXIGENO

La mayoría de los explosivos son deficientes en oxígeno, debido a que no poseen lo suficiente para poder convertir los átomos de carbono e hidrogeno presentes en la molécula en agua y dióxido de carbono.

Cuando el oxígeno del explosivo es deficiente, el calor emitido en la explosión es mucho menor que el calor producido en un proceso de oxidación completa.²²

²¹ ENAEX. (2013). Manual de tronadura. Chile.

²² Bartolomé, F. A. (1972). Los Explosivos y sus Aplicaciones. Labor SA.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

ENERGÍA MÍNIMA DISPONIBLE

Cuando la presión permanece constante a 1 atmosfera, la energía mínima disponible se considera la cantidad de trabajo que realizan los productos gaseosos de una explosión.²³

$$W_e = P \times (V_2 - V_1)$$

Donde:

W_e : trabajo de expansión.

P : presión resistente (1 atm).

V_1 : volumen de explosivo.

V_2 : volumen de los gases de explosión.

Como el volumen V_1 es despreciable frente al de los gases producidos, la cantidad de trabajo disponible viene dada por:


$$W_e = P \times V_2$$

TEMPERATURA DE EXPLOSIÓN.

Es la temperatura que se alcanza en el proceso de reacción explosiva. Se expresa en grados centígrados (°C) o kcal/kg. Tiene importancia especial en los procesos en los cuales se manejan productos que son altamente inflamables, tales como en las minas de carbón. Las altas temperaturas pueden ser disminuidas añadiendo al explosivo productos depresores de calor, como el cloruro de sodio. El cálculo de temperaturas se basa en la fórmula para temperatura absoluta de cualquier combustión:²⁴

²³ Ibid., p. 16

²⁴ EXSA. (1986). MANUAL PRACTICO DE VOLADURA. Lima, Perú.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

$$Te = \frac{Q_{kv}}{(mc \times ce)}$$

Donde:

Q_{kv} : calor total desprendido a volumen constante.

mc : peso en kilogramos de cada uno de los productos de la reacción.

ce : calores específicos a la temperatura Te.

VOLADURA SUBACUÁTICA.

Este tipo de voladuras subacuáticas o submarinas son usadas en obras de ingeniería tales como, la profundización de puertos y cauces fluviales, en excavación de trincheras para la instalación de oleoductos, gasoductos y cables de comunicación etc., cada uno de estos trabajos requiere un método diferente de voladura, por lo tanto, la experiencia para ejecutar este tipo de trabajos es mayor que si se tratará de una voladura a cielo abierto. Además, el constante contacto con el agua requiere que los elementos a emplear como detonadores, explosivos, y demás accesorios de voladura posean una excelente resistencia a la humedad, también se les exige que tengan alta potencia ya que en este tipo de voladuras entra a jugar la presión hidrostática. Existen varios métodos para realizar este tipo de voladuras como se observa en la siguiente figura.²⁵

²⁵ Ibíd. p. 290


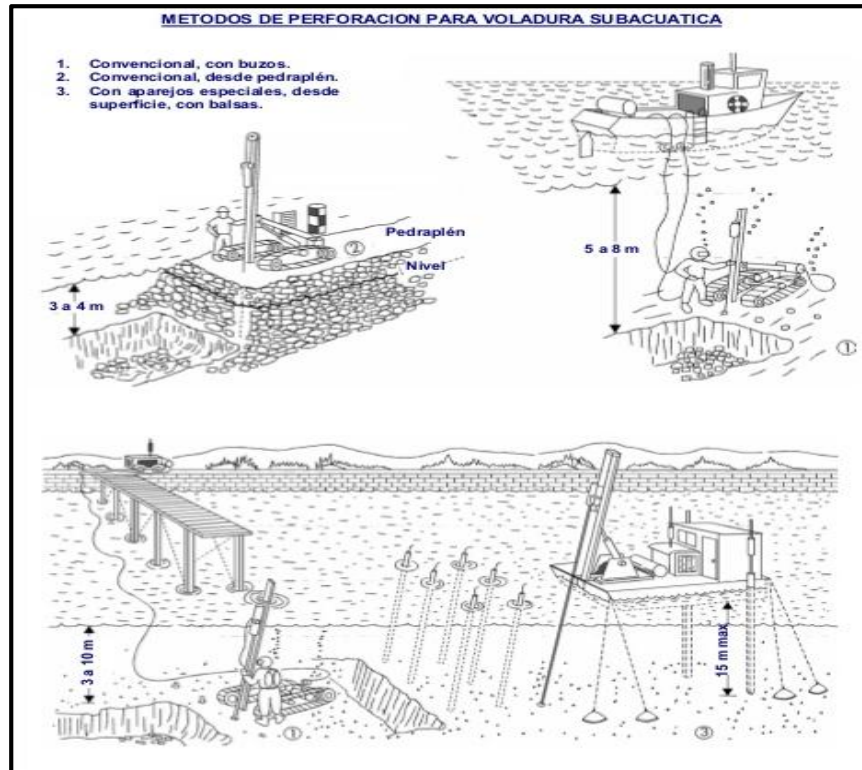
 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	---	-------------------------------------

Ilustración 7. Métodos de perforación y voladura subacuática.




Fuente. EXSA. Manual Práctico de Voladura. 2013. p. 290. Lima: EXSA

VOLADURAS ESPECIALES

Se consideran voladuras especiales las siguientes:

- Grandes voladuras en las que la cantidad de explosivos disparados en la misma pega sea igual o superior a 500 kilogramos. Cuando estas voladuras se efectúen a cielo abierto y mediante barrenos de diámetro igual o superior a 3 pulgadas, la autoridad competente determinará, en cada caso, la cantidad

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

de explosivo disparado en una misma pega, a partir de la cual se considerará la voladura como voladura especial.²⁶

- Las que hayan de realizarse bajo columna de agua, tanto en cauces fluviales, en lagos naturales o artificiales, o en el mar.
 - La demolición de edificios, estructuras en general o cimentaciones, las cuales, en función de su ubicación próxima a núcleos habitados, de condicionantes del entorno o de su dificultad técnica, requerirán, salvo autorización expresa de la autoridad competente, un proyecto específico.
 - Las voladuras cuales quiera que sea su tipo y la cantidad de explosivo a utilizar, que, por su proximidad, puedan llegar a afectar a núcleos habitados, vías de comunicación, sistemas de transporte, presas y depósitos de agua y almacenamientos de materias peligrosas.
 - Las voladuras próximas a centros de producción o transformación de energía eléctrica y redes de distribución, tanto de alta como de baja tensión.
6. Las voladuras realizadas en las proximidades de emisoras de radio, televisión, radar o repetidores de radiofrecuencia.

TIPOS DE EXPLOSIVOS

En la actualidad hay explosivos de dos tipos de uso: civil y militar. A continuación, se dan a conocer algunos de ellos:

²⁶ Normativa ITC 10.3.01. (marzo de 2011). p.1-10. Obtenido de <http://www.comunicaciones.gob.gt/Boletin%20Interinstitucional/2.%20Anexos%20Generales/Anexo%20B,%20Norma%20Espa%F1ola/Apendice%201,%20Anexo%20B,%20Voladuras%20Especiales.pdf>




 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	---	---

Tabla 2. Explosivos civiles.


PRODUCTO	CARACTERÍSTICAS	IMAGEN
ANFO AGENTE DE VOLADURA	<ul style="list-style-type: none"> • Explosivo tipo agente de voladura. • Conformado por mezcla de nitrato de amonio, biodiesel o mezclas de hidrocarburos. • Sensible a la iniciación por un multiplicador (Pentofex). • Poca resistencia a la humedad. • Inadecuado en operaciones subterráneas. 	
DETONADOR EXEL LP	<ul style="list-style-type: none"> • Detonadores no eléctricos de alta potencia. • Largos tiempos de retardo. • Serie de 15 períodos con rangos de 0 a 9600 ms. • Provee serie de tiempos aplicables a voladuras subterráneas (principalmente en túneles). • Contiene alto rango de tiempos. 	
DETONADOR EXEL TM CONECTADET	<ul style="list-style-type: none"> • Detonador de superficie compuesto por una cápsula de baja potencia (Fuerza 1). • Tiene conector de 6 tubos. • Tiene como finalidad conectar en superficie diferentes barrenos que han sido primados con Exel™ Handidet o Exel™ MS. • Se utiliza principalmente en voladuras a cielo abierto. • Puede ser usado en voladuras subterráneas. • Está diseñado para iniciar tubo de choque o de señal. 	
DETONADOR EXEL TM HANDIDE	<ul style="list-style-type: none"> • Detonador compuesto por dos cápsulas y un tubo no eléctrico. • Una de las cápsulas se utiliza en superficie (fuerza 1) para iniciar mientras que la otra (fuerza 12) se usa en el interior de los barrenos, tanto para iniciar boosters como explosivos encartuchados. • Permite diseñar o modificar disparos en el mismo terreno, por medio de conexiones simples y versátiles. • Está diseñado para ser utilizado en conjunto con Exel Conectadet. 	

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	---	-------------------------------------


PRODUCTO	CARACTERÍSTICAS	IMAGEN
DETONADOR EXEL TM MS	<ul style="list-style-type: none"> • Serie de detonadores no eléctricos de alta potencia con tiempo en milisegundos y serie de 23 períodos con rangos de 0 a 1400 ms. • La cápsula es de fondo (fuerza 12) que viene ensamblada al tubo de señal de color naranja. • Provee una serie de tiempos aplicables tanto en voladuras de minería a cielo abierto como subterránea, dado el alto rango de tiempos que caracteriza a esta serie. • Este explosivo accesorio inicia directamente tanto boosters (multiplicadores) iniciadores de agentes de voladura como explosivos encartuchados. 	
DETONANTE EXEL TM MS CONNECTOR	<ul style="list-style-type: none"> • Detonador bidireccional compuesto por un tubo de choque o de señal amarilla, que lleva en ambos extremos un detonador de Fuerza 8. • Tiene igual tiempo de retardo, ensamblados en un conector plástico que permite fijarlos en forma rápida y sencilla a la línea del cordón detonante 3g/m. • Empleado para retardar líneas troncales de cordón detonante en voladuras de minería a cielo abierto como en canteras y obras civiles. 	
MECHA DE SEGURIDAD	<ul style="list-style-type: none"> • Explosivo accesorio de voladura conformado por un núcleo de pólvora negra recubierto de papel, varias capas de hilo de algodón, asfalto y una capa de PVC para garantizar impermeabilidad, flexibilidad y resistencia a la abrasión. • Este accesorio transmite una llama o fuego, a una velocidad conocida y constante para iniciar un detonador común, que explota y se encarga de sensibilizar los explosivos que estén en contacto con él. • Se emplea como medio de iniciación del detonador número 8 fijado en uno de sus extremos. • Sensible bajo ciertas condiciones al golpe, fricción, chispa o fuego. 	

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	---	---


PRODUCTO	CARACTERÍSTICAS	IMAGEN
<p>CÓRDON DETONANTE</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Explosivo que consta de un núcleo constituido por un alto explosivo: Pentrita (PETN) protegido por papel, capas de hilo y PVC para garantizar resistencia a la humedad, tracción y abrasión. • Es utilizado como accesorio de voladura, iniciador e intercomunicador de barrenos entre sí para trabajos de corte y voladuras especiales. • Es empleado como línea principal de transmisión, puede iniciar cualquier cantidad de líneas adicionales conectadas con nudo hasta formar una malla. • Está diseñado como elemento transmisor de una onda detonante desde un punto a otro o de una carga explosiva a otra. 	
<p>PRECORTE</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Es un explosivo tipo hidrogel aluminizado, con sustancias gelificantes que evitan la segregación de los ingredientes oxidantes y combustibles. • Es de bajo poder rompedor y baja velocidad de detonación. No contiene nitroglicerina. • Empleado en voladuras controladas en donde se necesita obtener perfiles de roca estables y sin sobre-excavación (túneles, canteras y carreteras, con el fin de obtener taludes determinados, excavaciones para cimentaciones y en trabajos especiales en las que se requiere tener secciones con acabado liso y cortes precisos, sin dañar la roca circundante). 	
<p>SISMIGEL PLUS EXPLOSIVO TIPO SISMICO</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Es un explosivo tipo hidrogel aluminizado, con pentrita y sustancias gelificantes, que evitan la segregación de los ingredientes oxidantes y combustibles sensibilizados en la mezcla, sumergible en agua. • Su manejo es muy seguro debido a su baja sensibilidad al roce y al impacto. No contiene nitroglicerina. • Diseñado para labores de prospección sísmica petrolera a diferentes profundidades. 	



 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	---	-------------------------------------

PRODUCTO	CARACTERÍSTICAS	IMAGEN
<p>SISMIGEL PLUS EXPLOSIVO TIPO SISMICO</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se puede utilizar en presencia de agua. Tiene una alta velocidad de detonación, generando pulsación de una energía sísmica fuerte, aguda y de buena definición. • Para su iniciación requiere el uso de detonadores sismográficos. 	
<p>MULTIPLICADO R PENTOFEX</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Es un explosivo multiplicador a base de pentolita con alta densidad, velocidad y presión de detonación. • Los multiplicadores Pentofex son formulados con una mezcla de TNT y pentrita (PETN) de la más alta calidad que asegura confiabilidad, consistencia y durabilidad en los ambientes de voladura. • Se emplean para iniciar la detonación de los agentes de voladura (explosivos que no pueden iniciarse con un detonador). 	
<p>EMULIND- E EMULSIÓN ENCARTUCHADA</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Es un Explosivo de alta potencia sensible al detonador común No 8, fabricado a base de con una fase oxidante de nitrato de amonio y nitrato de sodio, y una fase aceite- combustible (Aceite mineral, parafinas y ceras con aditivos emulsificantes) y sensibilizada física y químicamente. • Es empleado en minería y obras civiles, especialmente diseñadas para voladuras en pequeños diámetros, en rocas duras y semiduras con presencia de agua. Sus aplicaciones más comunes son explotación de minerales, obras de construcción, demolición de edificios e infraestructura civil y en voladuras subterráneas con adecuada ventilación en ausencia de gas grisú y polvo de carbón. 	
<p>EMULIND-B (BOMBEABLE)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Es un explosivo – Agente de voladura de tipo emulsión bombeable, con una fase oxidante a base de nitrato de amonio y nitrato de sodio y una fase combustible con emulsificantes la cual es sensibilizada con aditivos químicos. • Para su iniciación requiere un multiplicador de bajo gramaje de Pentolita. 	

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	---	---

PRODUCTO	CARACTERÍSTICAS	IMAGEN
	<ul style="list-style-type: none"> • Tiene alta velocidad de detonación y excelente resistencia al agua. Se carga a granel en forma mecanizada o por medio de vehículos UBT especializados para usar en obras civiles subterráneas. 	
EMULIND-S	<ul style="list-style-type: none"> • Es un explosivo – Agente de voladura del tipo emulsión bombeable, con una fase oxidante a base de nitrato de amonio y nitrato de calcio y una fase combustible con emulsificantes la cual es sensibilizada con microbalones. • Para su iniciación requiere un multiplicador de bajo gramaje de pentolita. Tiene alta velocidad de detonación y excelente resistencia al agua. • Se carga a granel down the hole en forma mecanizada con vehículos cargadores especializados para usar en la gran minería a cielo abierto. 	
INDUGEL AV800 AGENTE DE VOLADURA	<ul style="list-style-type: none"> • Es un explosivo – agente de voladura tipo hidrogel a base de nitrato de amonio con una composición de sustancias gelificantes, que evitan la segregación en agua de los componentes presentes en la mezcla. • Requiere un multiplicador Pentofex para su iniciación. Fácilmente sumergible en agua y con alta energía específica. • Presenta gran seguridad en su manejo debido a su baja sensibilidad, al roce y al impacto. No contiene nitroglicerina. • Empleado en explotaciones a cielo abierto (de rocas blandas a semiduras) y en minería, con presencia de agua. 	
INDUGEL PLUS AP EXPLOSIVO TIPO HIDROGEL	<ul style="list-style-type: none"> • Es un explosivo de alta potencia tipo hidrogel aluminizado, con sustancias gelificantes, que evitan la segregación de los ingredientes oxidantes y combustibles sensibilizados en la mezcla; sensibles al detonador común número 8, con excelente resistencia al agua, alta energía específica, produce humos clase • No contiene nitroglicerina. • Diseñado para voladuras en pequeños diámetros, en rocas duras y semi-duras 	

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--


PRODUCTO	CARACTERÍSTICAS	IMAGEN
	<p>con presencia de agua. Sus aplicaciones más comunes son explotación de minerales, obras de construcción, demolición de edificios e infraestructura civil y en voladuras subterráneas, con adecuada ventilación en ausencia de gas grisú y polvo de carbón.</p>	
INDUGEL PLUS PM (PERMISIBLE) TIPO HIDROGEL	<ul style="list-style-type: none"> • Explosivo tipo hidrogel aluminizado, con sustancias gelificantes que evitan la segregación de las sustancias oxidantes y combustibles sensibilizados en la mezcla; sensible al detonador eléctrico permisible con excelente resistencia al agua y alta energía específica. • Presenta confiabilidad a temperaturas por debajo de 0°C y seguridad en el manejo debido a su baja sensibilidad al roce y al impacto. • Empleado en la minería subterránea con posible presencia de gas grisú y polvo de carbón. Produce humos permisibles de acuerdo a la agencia MSHA (Mine Safety and Health Administration). 	

Fuente. INDUMIL. Disponible en: <https://www.indumil.gov.co/product/anfo-agente-de-voladura/>

Dentro de los laboratorios que se deben ejecutar en las aguas residuales para el respectivo tratamiento y en los cuales se va centrar este proyecto se nombrarán los siguientes: DBO, DQO, Sólidos totales, NTK (Nitrógeno Total), Alcalinidad, Oxígeno Disuelto, y Centrifugación. Sin embargo, se realizará la fabricación de un dispositivo, en el cual se va someter el agua residual a sobrepresión soportando los efectos de las detonaciones.

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO)

Ampliando un poco acerca de este término, se define como DBO a la cantidad de oxígeno necesaria para remover toda la materia orgánica presente en el agua residual mediante bacterias aeróbicas. Esta materia orgánica se presencia debido

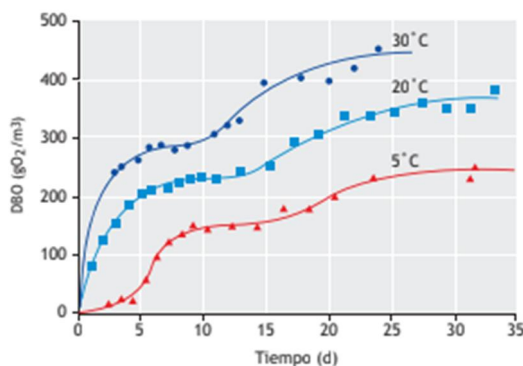
 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

a que es arrojada a los ríos, convirtiéndose posteriormente en alimento para las bacterias (las cuales son aeróbicas) que se van a producir causando una disminución en el oxígeno disuelto.

Para determinar la DBO del agua residual, se toma una muestra y se somete a un ensayo de tipo biológico el cual tiene una duración de cinco días (ensayo estándar) en el que se mide el oxígeno disuelto antes y después. Para poder realizar este ensayo, el agua debe ser acondicionada a lo que se encuentra en el medio natural (presencia de oxígeno, y nutrientes, ausencia de tóxicos y pH, temperatura adecuada; y presencia de bacterias en cantidades suficientes).²⁷

A continuación, se muestra la curva DBO donde se logra observar la dependencia del tiempo junto con la temperatura, cabe aclarar que esta ilustración es para un ensayo que se haya realizado en las condiciones estándares anteriormente mencionados. La temperatura y tiempo estándar es de 20°C y 5 días respectivamente.²⁸


Ilustración 8. Ensayo DBO dependiente de tiempo y temperatura.



Fuente. Carlos M. Lopez, G. B. (2008). Tratamiento biológico de aguas residuales. Londres: IWA Publishing.

²⁷ Jaramillo, A. O. (2005). Bioingeniería de Aguas residuales Teoría y Diseño. No informa: Acodal.

²⁸ Carlos M. Lopez, G. B. (2008). Biological treatment of wastewater. Londres: IWA Publishing.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)

Este ensayo logra determinar la demanda de oxígeno de los compuestos orgánicos que se encuentran en las aguas residuales, este laboratorio es utilizado frecuentemente a diferencia del DBO ya que su duración tarda aproximadamente de dos a tres horas lo que lo hace más rápido a comparación del anteriormente mencionado. Generalmente, se realiza la relación DBO/DQO para determinar la cantidad de materia no-biodegradable que se encuentra en el agua residual.²⁹

Más, sin embargo, la realización de este ensayo es necesario para los balances de masa en el tratamiento de aguas residuales. La DQO teórica está dada por la ecuación de oxidación.³⁰

NITRÓGENO TOTAL

El nitrógeno es uno de los componentes necesarios de las aguas residuales ya que es el principal nutriente para las bacterias necesarias del agua residual. Este elemento se puede entender de varias formas: Nitrógeno orgánico (NTK), amoníaco y los nitritos y nitratos.³¹


Este ensayo de laboratorio se realiza con el fin de determinar la cantidad de nitrógeno que se encuentra en las aguas residuales, este compuesto es el que determina el amoníaco y se expresa como Nitrógeno (N), es bastante esencial en el tratamiento de estas aguas ya que es una de las principales características de una contaminación fresca o reciente.³²

²⁹ Jaramillo, A. O. (2005). Bioingeniería de Aguas residuales Teoría y Diseño. No informa: Acodal.

³⁰ Carlos M. Lopez, G. B. (2008). Biological treatment of wastewater. Londres: IWA Publishing.

³¹ Jaramillo, A. O. (2005). Bioingeniería de Aguas residuales Teoría y Diseño. No informa: Acodal.

³² IDEAM. (2007). Nitrógeno total en agua por el método semi-micro Kjeldahl.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

ALCALINIDAD

La alcalinidad en general es la capacidad de medir la cantidad de ácidos que contiene el agua (en este caso, el agua residual), lo que se busca es lograr neutralizarlos. Este ensayo se realiza en el tratamiento de aguas.

Para lograr tener un valor aproximado de la alcalinidad que presenta el agua a tratar se debe aclarar que ésta depende del pH de punto final empleado.³³

OXIGENO DISUELTO

El oxígeno disuelto es la cantidad de oxígeno que se encuentra en el agua y de acuerdo a su nivel se puede identificar si se encuentra o no contaminada. Este ensayo generalmente se emplea en aguas residuales, efluentes y aguas superficiales las cuales tienen concentraciones mayores de $50\mu\text{g NO}_2^- - \text{N/L}$.³⁴


SOLIDOS SUSPENDIDOS

Teniendo en cuenta que durante el tratamiento de las aguas residuales lo que se busca es disminuir la materia orgánica que se encuentra presente en ella, se realiza este ensayo con el fin de lograr retener partículas sólidas en un filtro y proseguir con el tratamiento respectivo teniendo en cuenta que cada uno de los ensayos empleados es de vital importancia para lograr un resultado óptimo en el tratamiento de aguas residuales.³⁵

³³ IDEAM. (2005). Alcalinidad potenciómetría. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Alcalinidad+total+en+agua+por+electrometr%C3%A1da..pdf/dd9a3610-8ff7-49bc-97eb-5306362466df>

³⁴ IDEAM. (2004). Determinación de oxígeno disuelto por el método yodométrico modificación de azida.

³⁵ IDEAM. (2007). Sólidos suspendidos totales en agua. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/S%C3%B3lidos+Suspendidos+Totales+en+agua.s.pdf/f02b4c7f-5b8b-4b0a-803a-1958aac1179c>

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

CENTRIFUGACION

El objetivo de la centrifugación es separar sólidos insolubles, es decir, partículas muy pequeñas que sean difíciles de sedimentar de un líquido. Para ello se hace necesario el uso de un fuerte campo centrífugo, con lo cual las partículas tenderán a desplazarse a través del medio en el se encuentren con la aceleración G.


$$E = \text{Velocidad Angular}^2 \times \text{Radio de Giro}$$

Los aparatos en los que se lleva a cabo la centrifugación son las centrífugas. Una centrífuga está dotada de dos componentes esenciales: rotor (donde se coloca la muestra a centrifugar) y motor. Existen dos tipos de rotores:

- De ángulo fijo: Los tubos se alojan con un ángulo fijo respecto al eje de giro. Se usa para volúmenes grandes.
- Basculante: Los tubos se hallan dentro de unas carcasas que cuelgan. Estas carcasas están unidas al rotor con un eje y cuando la centrífuga gira, se mueven. Se usan para volúmenes pequeños y para separar partículas con un mismo o casi igual coeficiente de sedimentación.

Las centrífugas están en el interior de una cámara acorazada a unos 4°C. Si esta cámara no estuviese presente, al comenzar la centrifugación, y debido al rozamiento con el aire, subiría la temperatura de la muestra y podría llegar a perder sus propiedades. Existen dos grandes grupos de centrífugas:

- Analíticas: Con las que se obtienen datos moleculares (masa molecular, coeficiente de sedimentación, etc.). Son muy caras y escasas.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

- Preparativas: Con las que se aíslan y purifican las muestras. Hay 4 tipos de centrifugas preparativas:
 - De mesa: Alcanzan unas 5.000 rpm (revoluciones por minuto). Se produce una sedimentación rápida. Hay un subtipo que son las microfugas que llegan a 12.000-15.000 rpm. Se obtiene el precipitado en muy poco tiempo.
 - De alta capacidad: Se utilizan para centrifugar volúmenes de 4 a 6 litros. Alcanzan hasta 6.000 rpm. Son del tamaño de una lavadora y están refrigeradas.
 - De alta velocidad: Tienen el mismo tamaño que las de alta capacidad y llegan a 25.000 rpm.
 - Ultracentrífugas: Pueden alcanzar hasta 100.000 rpm. También están refrigeradas. Son capaces de obtener virus.


1.6.2 Marco conceptual

Las aguas residuales son aquellos desechos generados por la parte industrial y/o doméstica los cuales antes de ser vertidos en lago o corrientes deben ser tratados previamente mediante unos parámetros estándares en los que los microorganismos juegan un papel muy importante en el procedimiento.

Debido a que el agua residual contiene grandes elementos contaminantes que pueden afectar el ecosistema al ser arrojada en los sitios de disposición final se debe someter a una serie de tratamientos los cuales se dividen en tres grandes procesos: tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario.

De acuerdo a lo anteriormente mencionado, se plasma una idea global de cada uno de los tratamientos a los cuales es sometida el agua residual antes de ser depositada en el sitio respectivo.

El tratamiento primario consta de la eliminación de sólidos grandes que se encuentran en suspensión y flotando en el agua. El tratamiento secundario es aquel procedimiento donde el agua se somete a procedimientos biológicos tanto aeróbicos

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

y anaeróbicos³⁶. El tratamiento terciario es donde describen los diferentes procedimientos a los cuales el agua residual fue sometida en el tratamiento secundario; en este paso se clasifican en diferentes categorías generales las cuales se van a nombrar a grandes rasgos en el siguiente capítulo³⁷.


Entrando un poco al tema de los explosivos -los cuales son de gran importancia en la ejecución de este proyecto-, se menciona a grandes rasgos la importancia que han tenido a lo largo de la historia. Las detonaciones han sido de uso primordial en los trabajos de ingeniería civil, ya sea en la minería a cielo abierto como en la explotación de canteras o subterránea como es el caso de la mayor mina de explotación de hierro en Colombia, Paz del Rio. De igual manera, los explosivos son utilizados en la demolición de puentes y edificios, mediante voladuras controladas, detonaciones de estructuras sumergidas, la fragmentación de rocas en la construcción de vías o en el corte de vigas de madera o acero, es decir, estructuras en general.

Los materiales explosivos son el conjunto de sustancias en estado sólido, líquido o gaseoso los cuales mediante reacciones químicas de óxido-reducción cuentan con la capacidad de cambiar sus propiedades en un tiempo muy corto. En este proceso, el volumen inicial se convierte en una masa gaseosa que llega a lograr índices muy altos de temperatura y presión debido a una reacción exotérmica muy veloz, que genera una serie de productos gaseosos que al ser químicamente estables ocupan mayor volumen que el inicial del explosivo o del barreno.³⁸

³⁶ Ramalho, R. (1996). Tratamiento de aguas residuales. Barcelona: Reverté S.A. Obtenido de <https://books.google.com.co/books?id=30etGjzPXyWC&pg=PP1&dq=TRATAMIENTOS+DE+AGUA+S+RESIDUALES,+Edici%C3%B3n+revisada,+R.S.+Ramalho,+editorial+revert%C3%A9+S.A.&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiEucbKIdbZAhXRxFkKHehYDgUQ6AEIJTAA#v=onepage&q=TRATAMIENTOS%20DE%20AGUAS%20>

³⁷ Manahan, S. E. (2007). Introduction to Environmental Chemistry. Barcelona: Reverté.

³⁸ EXSA. (1986). MANUAL PRACTICO DE VOLADURA. Lima, Perú.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

La explosión es, según Berthelot³⁹, «la repentina expansión de los gases en un volumen mucho más grande que el inicial, acompañada de ruidos y efectos mecánicos violentos». Existen diferentes tipos de explosivos: químicos, mecánicos, nucleares y eléctricos; los explosivos más utilizados comúnmente son los comerciales, los podemos describir como una mezcla de sustancias oxidantes con otras combustibles que al ser iniciadas correctamente generan una reacción exotérmica de gran magnitud, dando como producto una gran cantidad de gases a alta temperatura, muy estables y con un volumen mucho mayor al inicial.⁴⁰

Teniendo en cuenta que este proyecto se va centrar en las variaciones de las características del agua residual mediante sobrepresión con explosivos, toda la información plasmada será en base al tratamiento secundario de las aguas residuales, así como las condiciones químicas del explosivo el cual se va a utilizar en esta investigación.


1.6.3 Marco legal

Decreto 1886 de 21 de septiembre de 2015 [12]: Por el cual se establece el reglamento de seguridad en las labores Mineras subterráneas. Que de conformidad con el artículo 332 de la Constitución Política el Estado es propietario del subsuelo y de los recursos naturales no renovables. Que por mandato del numeral 8 ° del artículo 2° y el numeral 4° del artículo 5° del Decreto 381 de 2012 le corresponde al Ministerio de Minas y Energía "Expedir los reglamentos del sector para la exploración, explotación, transporte, refinación, distribución, procesamiento, beneficio, comercialización y exportación de recursos naturales no renovables y biocombustibles".

El control del medio ambiente en las operaciones de voladura es uno de los requisitos que, en la actualidad, las autoridades gubernamentales exigen su cumplimiento, y ha sido una de las razones para en el otorgamiento de licencias o

³⁹ Berthelot, J.-M. (2012). Matériaux Composites. Paris: Lavoisier.

⁴⁰ Jimeno, C. L. (s.f.). Manual de perforación y Voladura de Rocas. España: Instituto Tecnológico GEOMinero de España.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

aun el mismo cierre de proyectos de producción de materias primas y agregados, la normatividad bajo la cual se rige es la siguiente:

Reglamento de higiene y seguridad en las labores mineras - Decreto 2222 de 1993 [13]: Dirigido al control de todas las labores mineras a cielo abierto en el territorio nacional, para preservación de las condiciones de seguridad e higiene en las minas.

Están sometidas al cumplimiento del Reglamento, las personas naturales y jurídicas que desarrollen labores mineras a cielo abierto en el territorio nacional.


Estatuto de seguridad industrial - Resolución 2400 de 1974 [14]: Establece disposiciones sobre Vivienda, Higiene y Seguridad en los establecimientos de trabajo. Con el fin de preservar y mantener la salud física y mental, prevenir accidentes y enfermedades profesionales, para lograr las mejores condiciones de Higiene y el bienestar de los trabajadores en sus actividades.

Sistema de seguridad social integral - Ley 100 de 1993 [15]: Conjunto de instituciones, normas y procedimientos, de que disponen la persona y la comunidad para gozar de una calidad de vida, mediante el cumplimiento progresivo de los planes y programas que el Estado y la sociedad desarrollen para proporcionar la cobertura integral de las contingencias,

Especialmente las que menoscaban la salud y la capacidad económica, de los habitantes del territorio nacional, con el fin de lograr el bienestar individual y la integración de la comunidad.

Evaluación ambiental, permisos y licencias - Decreto 2820 de 2010 [16]: Para dar cumplimiento a lo establecido en la legislación Ambiental Colombiana y la legislación existente en seguridad, salud, medio ambiente y comunidades, todas las operaciones mineras deben estar amparadas por una licencia ambiental o Plan de Manejo Ambiental otorgado por la autoridad ambiental competente.

Igualmente, los proyectos y actividades relacionadas con las operaciones que requieran para su ejecución la intervención o uso de recursos naturales, deben disponer del correspondiente permiso o concesión expedido por la autoridad ambiental regional competente.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

Decreto 1449 de 1977 Disposiciones sobre conservación y protección de aguas, bosques, fauna terrestre y acuática

Art.77 a 78 Clasificación de aguas. Art. 80 a 85: Dominio de las aguas y cauces. Art. 86 a 89: Derecho a uso del agua. Art.134 a 138: Prevención y control de contaminación. Art. 149: aguas subterráneas. Art.155: Administración de aguas y cauces.

Decreto 1541 de 1978 Aguas continentales: Art. 87 a 97: Explotación de material de arrastre, Art. 104 a 106: Ocupación de cauces y permiso de ocupación de cauces, Art. 211 a 219: Control de vertimientos, Art. 220 a 224: Vertimiento por uso doméstico y municipal, Art. 225: Vertimiento por uso agrícola, Art. 226 a 230: Vertimiento por uso industrial, Art. 231: Reglamentación de vertimientos.

Decreto 1681 de 1978 Sobre recursos hidrobiológicos

Ley 09 de 1979 Código sanitario nacional


Art. 51 a 54: Control y prevención de las aguas para consumo humano. Art. 55 aguas superficiales. Art. 69 a 79: potabilización de agua

Decreto 2857 de 1981 Ordenación y protección de cuencas hidrográficas

Decreto 2105 de 1983 Reglamenta parcialmente la Ley 09 de a 1979 sobre potabilización y suministro de agua para consumo humano

Decreto 3930 de 2010 Resolución 631 de 2015 Parámetros en los vertimientos puntuales

Art. 1 Objeto y Ámbito de Aplicación. Art. 2 Definiciones. Art. 3 a 5 Disposiciones aplicables a los vertimientos puntuales de aguas residuales. Art. 6 Valores límites máximos permisibles microbiológicos en vertimientos puntuales de aguas residuales (ARD y ARnD) a cuerpos de aguas superficiales. Art. 7 Parámetros de ingredientes activos de plaguicidas de las categorías toxicológicas IA, IB y II y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas - ARnD a cuerpos de aguas superficiales y al alcantarillado público. Art. 8 Parámetros fisicoquímicos y sus valores límites

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales domésticas - ARD y de las aguas residuales (ARD - ARnD) de los prestadores del servicio público de alcantarillado a cuerpos de aguas superficiales. Art. 9 a 15 Parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas - ARnD a cuerpos de aguas superficiales. Art. 16 Parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas - ARnD al alcantarillado público. Art. 17 a 21 Disposiciones finales.

Decreto 79 de 1986 Conservación y protección del recurso agua


Ley 99 de 1993 Art. 10, 11, 24, 29: Prevención y control de contaminación de las aguas. Tasas retributivas.

Documento CONPES 1750 de 1995 Políticas de manejo de las aguas

Decreto 605 de 1996 Reglamenta los procedimientos de potabilización y suministro de agua para consumo humano

Decreto 901 de 1997 Tasas retributivas por vertimientos líquidos puntuales a cuerpos de agua


Decreto 475 de 1998 Algunas normas técnicas de calidad de agua

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

1.7 METODOLOGÍA


ETAPA 1: Recopilación de información

ACTIVIDADES	RECURSOS	PRODUCTOS
OBJETIVO ESPECIFICO 1: Determinar las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua residual mediante pruebas de laboratorio de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Nitrógeno Total, Fosforo Total, Solidos Totales y Coliformes Totales, después del tratamiento secundario.		
Búsqueda de documentos relacionados con temas tales como tratamiento secundario, ensayos de laboratorio aplicados a las aguas residuales y propiedades físicas, químicas y biológicas.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS, (físicas y digitales) SOFTWARE, (Excel, Word)	DOCUEMENTACION (libros y artículos con información seleccionada)
Evaluación y selección del material útil para la investigación	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS, (físicas y digitales) SOFTWARE, (Excel, Word)	DOCUMENTACION (Secciones de literaturas de diversos autores, con contenido importante para la investigación)
Construcción de la estructura del trabajo, con la información de la investigación antes establecida	SOFTWARE, (Excel, Word)	Documento digital (bibliografía seleccionada y estructurada, de acuerdo al objeto del proyecto)


 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

ETAPA 2: Selección de las aguas contaminadas a tratar, pruebas de laboratorio

ACTIVIDADES	RECURSOS	PRODUCTOS
OBJETIVO ESPECIFICO 2: Someter a sobrepresión generada por detonaciones en un dispositivo autoclave, el agua residual en tratamiento secundario.		
De acuerdo a la información recopilada, realizar una matriz de importancia en base a las características del agua seleccionada la cual se va a tratar.	SOFTWARE, (Excel, Word)	DOCUMENTACION (libros y artículos con información seleccionada)
Ejecución de los respectivos ensayos de laboratorio adicionando el explosivo seleccionado, siguiendo con la normatividad respectiva.	GUIAS PARA LOS ENSAYOS DE LABORATORIO	APLICACIÓN (Herramienta y equipo necesario para la elaboración de los ensayos)
Elaboración de autoclave, capaz de soportar los efectos de los explosivos que actúan sobre las aguas residuales contaminadas.	GUIAS PARA LOS ENSAYOS DE LABORATORIO	APLICACIÓN (Herramienta y equipo necesario para la elaboración de los ensayos)
OBJETIVO ESPECIFICO 3: Determinar las propiedades físico-químicas y biológicas del agua residual mediante pruebas de laboratorio de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Nitrógeno Total, Fosforo Total, Solidos Totales y Coliformes Totales, después de haber sido sometida a sobrepresión generada por explosivos.		
Someter al agua residual tratada a los respectivos ensayos de acuerdo a la normatividad dada por la entidad reguladora.	GUIA PARA LOS ENSAYOS DE LABORATORIO	APLICACIÓN (Herramienta y equipo necesario para la elaboración de los ensayos)

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

	ACTIVIDADES	RECURSOS	PRODUCTOS
ETAPA 3: Análisis de resultados.	OBJETIVO ESPECIFICO 4: Comparar los resultados de los ensayos de laboratorio realizados tanto al agua residual después del tratamiento secundario en planta de tratamiento, como a los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio del agua residual sometida a sobrepresión de una detonación.		
	Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el laboratorio se procede a determinar cuál es la manera más óptima de tratamiento de agua residual.	SOFTWARE, (Excel, Word)	DOCUMENTACION (Basados en los resultados obtenidos en el laboratorio).
	Determinar que dispositivo genera mejor cambio en las propiedades del agua.	SOFTWARE, (Excel, Word)	DOCUMENTACION (Basados en los resultados obtenidos en el laboratorio).

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

1.8 DISEÑO METODOLÓGICO

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se realizaron una serie de actividades que de manera sincronizada llevaron a cabo la ejecución de los experimentos programados para la obtención de muestras, fruto de los cuales se lograron conseguir dichas muestras de manera exitosa. Lo anterior, de vital importancia para la elaboración de los ensayos de laboratorio propuestos para el análisis de la variación de las características físicas, químicas y biológicas del agua sometida a sobrepresión por el efecto de los explosivos.


La motivación principal para llevar a cabo esta investigación fue el hallazgo que se realizó mediante un ejercicio de pruebas de detonaciones en cantera que realizó el equipo investigador donde se tomó la decisión de colocar una carga explosiva a un agua residual tomada de la laguna La Herrera ubicada en el municipio de Mosquera, barrio Los Puentes, la cual fue contenida en un recipiente desocupado de un extintor de 10 libras.

El recipiente fue lleno a tope con agua residual, y fue cebado con un detonador eléctrico número 10 (Ver Anexo 3), después de realizar la detonación, se realizó una inspección visual al agua residual donde se determinó que hubo un cambio en el olor de la muestra.

Ilustración 9. Recipiente después de la detonación



Fuente: Propia.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

Los olores de las aguas residuales constituyen una de las principales preocupaciones de las autoridades ambientales y donde mayor enfoque existe por parte de las plantas de tratamiento de aguas residuales. Este olor usualmente es generado por H_2S proveniente de la descomposición anaerobia de los sulfatos y sulfuros, otros compuestos que contribuyen al olor ofensivo del agua residual son: mercaptanos, aminas, escatol, amoníaco, sulfuros orgánicos y diaminas.

Ejemplo de estos olores son el de la leche rancia (ácido láctico), mantequilla rancia (ácido butírico), olor animal (ácido caproico), vinagre (ácido acético) y el olor corporal (ácido valérico). Todos estos ácidos se caracterizan por tener una estructura química carbonilhidroxilo y entre más corta sea la cadena de átomos de carbono, más oloroso será el gas⁴¹.


Los efectos sobre la salud humana de los olores ofensivos y desagradables se identifican dificultades respiratorias, náuseas, vómito, deterioro de las relaciones humanas, pérdida de apetito por los alimentos, menor consumo de agua entre otros.

✓ **Diseño y fabricación del dispositivo de autoclave.**

El primer paso que se llevó a cabo para la realización del experimento, fue el diseño y la elaboración del dispositivo de autoclave, el cual debe tener presentar las siguientes características las cuales garantizan la buena realización de las pruebas:

- El dispositivo debe tener una capacidad de resistencia óptima para soportar la presión inducida por el explosivo a utilizar.
- El dispositivo debe ser hermético y garantizar que el agua residual que se alojará adentro conserve sus propiedades antes, durante y después de las detonaciones.
- El dispositivo debe presentar un sistema de despresurización seguro para la liberación de los gases generados por la detonación.

⁴¹ Romero Rojas, Jairo Alberto. 2016. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

- El volumen del dispositivo debe ser tal que permita alojar una cantidad suficiente de agua residual para la toma de las muestras.

Se eligió realizar un dispositivo de autoclave de forma cubica, con una base cuadrada de 0.30 m x 0.30 m y una altura de 0.60 m, una tapa cuadrada de 0.32m x 0.32m. Se decidió la utilización de lámina de acero No. 12 de la cual se presenta su ficha técnica (Ver *Tabla 3*).

Tabla 3. Especificaciones técnicas lámina galvanizada lisa calidad comercial

TABLA DE REFERENCIA											
Calibre	Espesor [mm]		Número de unidades por Paquete			Peso (kg)					
	Negro	Galvanizado	1000x2000	1200x2400	1220x2440	Lámina Negra			Lámina Galvanizada [180 g/m²]		
						1000x2000	1200x2400	1220x2440	1000x2000	1200x2400	1220x2440
Cal.10	3,42	3,44	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Cal.11	3,04	3,06	...	35	35	47,69	68,68	70,99	48,05	69,20	71,52
Cal.12	2,66	2,68	...	35	35	41,71	60,07	62,08	42,07	60,58	62,62
Cal.13	2,28	2,30	...	50	50	35,77	51,51	53,24	36,13	52,03	53,78
Cal.14	1,90	1,92	50	75	75	29,79	42,90	44,34	30,15	43,41	44,87
Cal.15	1,71	1,73	50	65	50	26,84	38,65	39,95	27,20	39,16	40,48
Cal.16	1,52	1,54	50	100	100	23,85	34,34	35,49	24,21	34,86	36,03
Cal.17	1,37	1,39	50	100	100	21,45	30,89	31,93	21,81	31,41	32,47
Cal.18	1,21	1,24	150	150	150	19,06	27,45	28,37	19,42	27,97	28,91
Cal.19	1,06	1,09	150	150	150	16,67	24,00	24,81	17,03	24,52	25,35
Cal.20	0,91	0,94	150	150	150	14,32	20,62	21,31	14,68	21,13	21,84
Cal.21	0,84	0,86	150	150	150	13,12	18,89	19,53	13,48	19,41	20,06
Cal.22	0,76	0,78	200	200	200	11,92	17,17	17,75	12,28	17,69	18,28
Cal.23	0,68	0,71	200	200	200	10,73	15,45	15,97	11,09	15,97	16,50
Cal.24	0,61	0,63	200	200	200	9,53	13,72	14,19	9,89	14,24	14,72
Cal.25	0,53	0,56	200	200	200	8,33	12,00	12,41	8,69	12,52	12,94
Cal.26	0,45	0,48	250	200	250	7,14	10,28	10,62	7,50	10,80	11,16
Cal.27	0,42	0,44	250	250	250	6,54	9,42	9,73	6,90	9,94	10,27
Cal.28	0,38	0,40	350	250	250	5,94	8,56	8,84	6,30	9,07	9,38
Cal.29	0,34	0,37	350	250	250	5,38	7,75	8,01	5,74	8,27	8,55
Cal.30	0,30	0,33	300	...	...	4,79	6,89	7,12	5,15	7,41	7,66
Cal.31	0,25	0,28	250	...	...	3,93	5,65	5,84	4,29	6,17	6,38

Fuente:

<http://www.durman.com.co/pdf/Fichas%20tecnicas/Ficha%20Tec%20Lamina%20Acero%20Galvanizada.pdf>

Para tener una percepción más clara en cuanto a la forma, se procedió a realizar la modelación se realizó en AutoCAD 3D (Ver Ilustración 10), donde se graficaron las dimensiones y las características físicas del dispositivo, con el fin que el fabricante construyera el dispositivo de manera eficaz cumpliendo con los requerimientos necesarios.


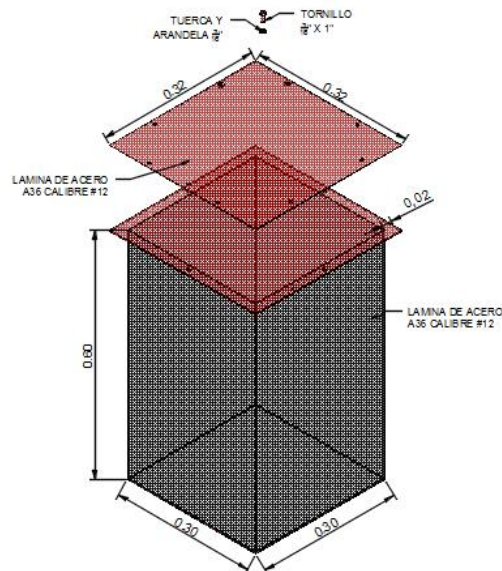
 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	---	-------------------------------------

Ilustración 10. Modelación del dispositivo




Fuente: Propia

Durante la elaboración del dispositivo se utilizó soldadura manual de tipo arco sumergido, realizando una pequeña réplica de la siderurgia, en la soldadura lo que se hace es algo similar. En este caso, se utilizaron:

- Material base: Láminas de acero ASTM A36 calibre 12 con un espesor aproximado de tres milímetros ($e = 3\text{mm}$), presenta una resistencia a la tracción entre los 30.000 y 36.000 psi.
- Soldadura manual revestida o electrodo manual revestido: Varilla con un material de más alta resistencia que los materiales base, es decir, resistencia a la tracción por encima de los 60.000 psi, se lleva a cabo un proceso en el cual se imprime una corriente hasta lograr una descomposición molecular llevando el material a un estado líquido, allí permanece en una fase química muy sensible para atrapar oxígeno (se caracteriza por ser el enemigo natural de los aceros), obteniendo la oxidación.

Por lo anterior, se debe proteger la soldadura manual revestida (o también llamada el charco) del entorno, razón por la cual el electrodo tiene un recubrimiento exterior

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

compuesto por diferentes químicos, para el caso particular de metales tan delgados como el que se está utilizando casi siempre se usa Rutilio o a veces Celulosa (papel en una presentación en polvo), cuando se empieza a derretir el metal, el recubrimiento también se quema a velocidades muy altas lo que ocasiona que pase rápidamente a estado gaseoso y dé origen a una burbuja de gas que no permite que salga el calor ni que entren impurezas, entre ellas oxígeno; lo que genera una especie de invernadero o burbuja de protección, en la que el charco puede ir avanzando, derritiendo los dos materiales base y el electrodo. Son tres metales que se están fusionando en uno solo y cambiando su composición molecular de tal forma que cuando se solidifiquen se conviertan en una estructura más o menos uniforme que permite soportar los esfuerzos cuando exista alguna presión interna. Esa interacción entre electrodo, energía y materia se conoce como arco sumergido y es porque justamente esa coalescencia queda debajo de ese invernadero o sumergida debajo de esa burbuja de protección.

Posterior a la soldadura y ensamble del dispositivo y su respectiva tapa, se procedió a la instalación de un sello hermético consistente en un empaque plano ubicado alrededor del apoyo de la tapa sobre el dispositivo. Con el fin de garantizar el sistema de despresurización seguro para la liberación de los gases generados por la detonación, en la tapa del dispositivo fueron instaladas tres (3) válvulas reguladoras de presión las cuales mantienen la liberación de los gases de manera controlada. Por ende, si la presión en el interior es superior que el rango normal de uso, la válvula reguladora de presión liberará vapor extra, las pesas reguladoras de presión suben y el vapor sale continuamente emitiendo un “silbido”, al mismo tiempo manteniendo la válvula reguladora de presión liberando los gases que se encuentran en el interior del dispositivo.

Para asegurar la tapa se utilizaron ocho tornillos de 3/16” x 1” con sus respectivas tuercas y arandelas; para los cuales fueron perforados tanto la tapa como el dispositivo a 1/3 de la longitud de cada uno de los vértices de la base. Cabe resaltar que todo el dispositivo fue pintado con pintura anticorrosiva de color gris con el fin de proteger el dispositivo de los efectos de oxidación y corrosión, así como se muestra en la *Ilustración 11* en la cual se visualiza la presentación final del dispositivo.


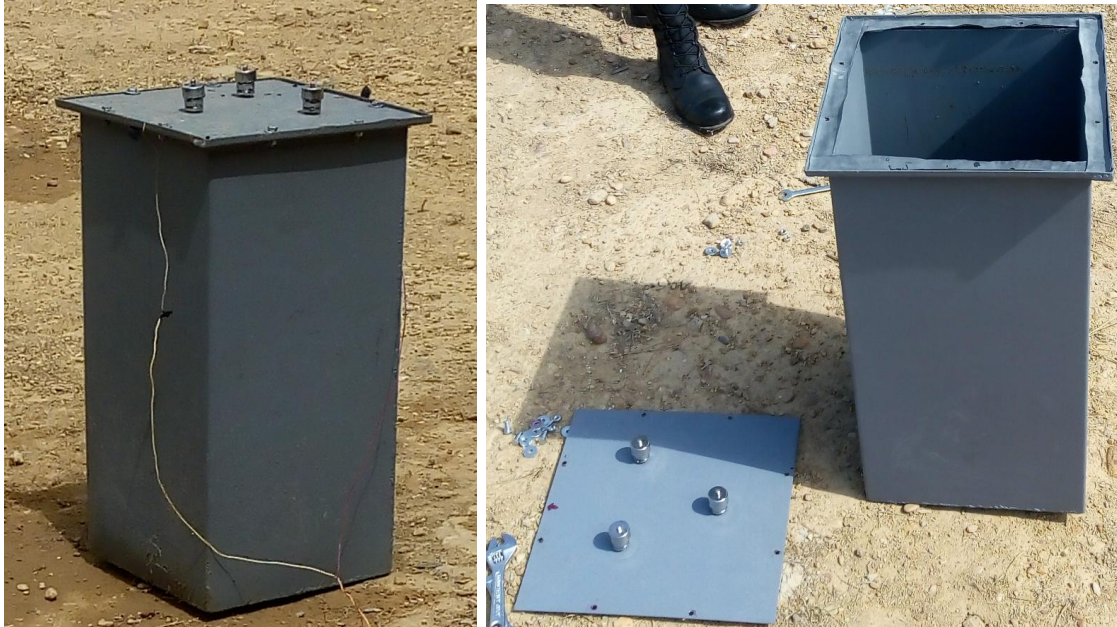
 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	---	---

Ilustración 11. Dispositivo de autoclave



Fuente: Propia

✓ **Toma de muestras en la planta de tratamiento de agua residual.**

Para la toma de muestras del agua residual se tomó contacto con la planta de tratamiento de agua residual (PTAR) del municipio de Mosquera - Cundinamarca, los cuales, bajo los protocolos de seguridad industrial y salud ocupacional, permitieron el ingreso a las instalaciones con el fin de realizar el muestreo correspondiente.


 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	---	---

Ilustración 12. Floculador PTAR Mosquera, Cundinamarca



Fuente: Propia

Las muestras fueron tomadas en el tratamiento secundario (Ver Anexo 2) el cual consiste en la intervención de procedimientos biológicos (aeróbicos y anaeróbicos) con el fin de eliminar microorganismos patógenos y elementos químicos altamente contaminantes que contienen el agua residual.

Para la captación del agua residual, un trabajador de la PTAR mediante tres baldes obtuvo una muestra representativa para desarrollar las detonaciones correspondientes al agua residual.

La cantidad total de las muestras tomadas fue de 15 litros, cantidad suficiente para enviar al laboratorio, realizar los ensayos y determinar la calidad del agua en este punto del proceso de la planta de tratamiento; posteriormente, comparar las variaciones físicas, químicas y biológicas del agua residual sometidas a sobrepresión mediante explosivos.


 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	---	---

Ilustración 13. Toma de muestras PTAR Mosquera, Cundinamarca



Fuente: Propia.

Ilustración 14. Vista general PTAR Mosquera, Cundinamarca



Fuente: Propia.

Por otra parte, se tuvo una preservación de las muestras para evitar cambios fisicoquímicos y biológicos en el agua residual recolectada en la PTAR, para tener éxito en este aspecto, se toma como referencia el procedimiento realizado por Analquim Ltda. Cuando realizaron la caracterización del agua *residual cuando ésta* ya se encontraba en el tratamiento secundario los cuales se muestran en la


 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

Tabla 4, teniendo en cuenta el objetivo de esta investigación solo se tendrán en cuenta los de interés para este proyecto de grado.

Tabla 4. Preservación de muestras.

PARAMETRO	RECIPIENTE	VOLUMEN DE MUESTRA (ML)	TIPO DE TOMA DE MUESTRA	PRESERVACIÓN
DBO ₅ Sólidos suspendidos totales Coliformes totales	Garrafa plástica	2000	Compuesta	Refrigeración aproximada 4°C
DQO Nitrógeno total Ortofosfatos	Frasco vidrio ámbar	500	Compuesta	H ₂ SO ₄

Fuente. (Analquim Ltda., 2018).


✓ **Cebado de cargas explosivas.**

El experimento se realizó en la base militar de Tolemaida ubicada en el municipio de Melgar, Tolima, donde se encuentran las instalaciones del CENAM (Centro Nacional de Artefactos Explosivos y Minas del Ejército Nacional), se contó con el apoyo de personal altamente capacitado en el manejo de explosivos para el proceso de cebado y detonación de los explosivos.

Los explosivos utilizados para el experimento fueron detonadores eléctricos y cordón detonante, los cuales fueron proporcionados por el CENAM. Ampliando un poco en las características de los detonantes manejados en estas pruebas se define lo siguiente:

Los detonadores eléctricos son un accesorio de detonación eléctrico de cargas explosivas capaz de convertir un impulso eléctrico en una detonación a través de la incandescencia de un filamento. Está constituido por cuatro partes fundamentales:

- Una cápsula de aluminio.
- Una carga explosiva compuesta por un explosivo base o secundario y un explosivo primario.
- Un elemento de retardo con un tiempo de quema controlado.
- Un inflamador electro-pirotécnico de ignición formado por un filamento recubierto de un compuesto pirotécnico. Dicho inflamador va dentro de una

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

pieza plástica antiestática y soldado a dos alambres conductores recubiertos por una capa plástica.

Ilustración 15. Detonador eléctrico



Fuente: Propia

El cordón detonante por su parte, es un explosivo que consta de un núcleo constituido por un alto explosivo: Pentrita (PETN) protegido por papel, capas de hilo y PVC para garantizar resistencia a la humedad, tracción y abrasión. Es utilizado como accesorio de voladura, iniciador e intercomunicador de barrenos entre sí para trabajos de corte y voladuras especiales, es empleado como línea principal de transmisión, puede iniciar cualquier cantidad de líneas adicionales conectadas con nudo hasta formar una malla además está diseñado como elemento transmisor de una onda detonante desde un punto a otro o de una carga explosiva a otra.


 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

Ilustración 16. Cordón Detonante



Fuente: Propia

Previamente que el personal capacitado iniciara con el trabajo de preparación de los explosivos, cebado y detonación, se realizó una introducción y pequeña exposición por parte del equipo autor del trabajo de grado, manifestando en primera medida los objetivos a alcanzar mediante el ejercicio a realizar, de igual manera, se explicó todo el proceso llevado a cabo hasta ese momento, proceso de diseño y fabricación del dispositivo de autoclave y toma de muestras en la planta de tratamiento de aguas residuales (aspectos importantes para poner en conocimiento del personal explosivista), con el fin de tomar las precauciones de seguridad correspondientes y las medidas técnicas adecuadas para el correcto procedimiento a seguir durante el desarrollo del experimento.


 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	---	---

Ilustración 17. Explicación a explosivistas



Fuente: Propia

El procedimiento de cebado de los detonadores eléctricos es bastante sencillo debido a que ese tipo de explosivos iniciadores vienen de fábrica listos para conectar directamente a la fuente de corriente quien suministrará el impulso eléctrico de activación. Esta parte del experimento fue realizado netamente por parte del CENAM, debido a la complejidad técnica solo está autorizado el personal explosivista.

Paralelamente se depositó en el dispositivo de autoclave 7.5 litros de agua residual para la primera detonación. Seguidamente se procedió a instalar el detonador eléctrico dentro del dispositivo de autoclave, colocando debidamente la tapa y asegurándola con sus respectivos tornillos.


 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	---	-------------------------------------

Ilustración 18. Cebado y cierre del dispositivo de autoclave.



Fuente: Propia

Al estar cerrado el dispositivo y la carga debidamente cebada, de acuerdo con las indicaciones del personal técnico en explosivos, se procedió a reservar una distancia de seguridad mientras se realizaba la detonación. Los explosivistas realizaron todo el procedimiento de acuerdo a sus conocimientos y normativas sin ninguna intervención por parte del equipo autor del trabajo de grado.

La detonación se produjo y se esperó un tiempo prudencial para revisar el dispositivo dando un lapso prudente para que los gases se disiparan y que las válvulas reguladoras de presión instaladas en el dispositivo hicieran su trabajo de liberar la presión contenida en el dispositivo. Pasado este período, se observó que el dispositivo pudo resistir la detonación y contener el agua residual, posteriormente, se destapó el dispositivo para tomar las primeras muestras.


 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

Ilustración 19. Dispositivo antes, durante y después de la primer detonación



Fuente: Propia

Para la segunda detonación se hizo el mismo procedimiento previamente descrito en la primera explosión, la única diferencia fue proceder hacer el experimento sin tapa con el fin de no afectar la estructura del dispositivo de autoclave utilizando 7.5 litros de agua. Después de la primera toma de muestras se cambió el agua dentro del dispositivo y se procedió a realizar la instalación del detonador y su respectiva detonación dentro de los parámetros de seguridad establecidos para tal fin, al ser establecida el tiempo de seguridad post detonación se tomaron las muestras correspondientes.


 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

Ilustración 20. Cebado segunda detonación y detonación.




Fuente: Propia

Para el tercer ejercicio se tomó la decisión de hacerlo con cordón detonante, el cual requirió un proceso más elaborado de cebado, ya que este es un explosivo que para ser detonado necesita de una carga iniciadora, como lo es el detonador eléctrico, de tal forma que el técnico explosivista procedió a cebar el cordón detonante dándole una forma circular y al cual fue adherido el detonador eléctrico con cinta aislante para garantizar la detonación del mismo.

Se cambió el agua que ya se había sometido a los efectos de la segunda detonación y se situó dentro del dispositivo el volumen restante de muestra (15 litros), seguido a esto, se instaló la carga cebada totalmente sumergida al igual que en las dos primeras detonaciones, buscando que quedara separada de las paredes del dispositivo para no afectarlo con la energía liberada por los mismos, al tener estas condiciones preparadas se procedió a realizar el cierre del dispositivo, esta detonación se realizó con el dispositivo totalmente sellado.

De la misma manera y por motivos de seguridad se respetó la distancia necesaria mientras los técnicos realizaban el trabajo pertinente durante la detonación, posterior a ello, se tomó contacto visual con el dispositivo y se observó que había sufrido daños debido a la potencia de la detonación, razón por la cual el proceso de

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	---	---

toma de muestras no fue el más óptimo, sin embargo, se logró conseguir la cantidad necesaria para su realización, después de la tercer detonación no fue posible continuar realizando pruebas debido al daño sufrido en el dispositivo de autoclave y por la disponibilidad de material explosivo.

Ilustración 21. Cebado tercera detonación




Fuente: Propia

Ilustración 22. Dispositivo durante y después de tercera detonación




Fuente: Propia

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

Con las muestras recolectadas en los recipientes entregados directamente por el laboratorio y alojadas debidamente en la nevera portátil donde se conservan todas las condiciones idóneas para el transporte y la conservación de las nuevas propiedades del agua residual sometida a sobrepresión por el efecto de los explosivos, fueron llevadas en el menor tiempo posible para iniciar con el proceso de análisis en el laboratorio y así poder obtener los resultados para la comparación del antes y después del agua.

Es importante resaltar que para obtener los explosivos y la autorización de ingreso a las instalaciones del fuerte militar de Tolemaida fue necesaria la aprobación por parte del señor Brigadier General Juan Carlos Correa Conseguera, Comandante Centro De Entrenamiento Militar Del Ejercito mediante el oficio con radicado No: 20184425076403 firmado por el señor Teniente Coronel oficial de evaluación y estadística del CENAM, del cual se deja constancia en el Anexo 1 del presente documento.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

2 ANÁLISIS DE RESULTADOS


Teniendo en cuenta que el fin de este proyecto es realizar una comparación de las características físico – químicas y biológicas del agua residual sometidas a sobrepresión mediante detonaciones, se tomó como muestra el Agua Residual Doméstica (ARD) de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) ubicada en Mosquera – Cundinamarca. En primera instancia se describirá a grandes rasgos el sistema de tratamiento de aguas residuales (AR) con el que cuenta el municipio.

Existen unas lagunas de estabilización a 3km del municipio las cuales son las encargadas del sistema de tratamiento de AR en Mosquera, no obstante, este año finalizó la construcción de la PTAR teniendo en cuenta que es de vital importancia esta infraestructura para mejorar las condiciones del agua antes del vertimiento en la fuente final. Ampliando un poco en la caracterización de las lagunas de estabilización se dice que estas fueron construidas por la CAR en el año 1997 las cuales se encuentran conformadas por tres unidades diseñadas en serie para una capacidad de 120 l/s de caudal medio. La planta consta básicamente de cinco (5) componentes los cuales solo se nombrarán de manera general: a) Estructura de entrada y vertedero de excesos, b) laguna facultativa primaria, c) laguna facultativa secundaria, d) laguna de maduración, y e) canal de descarga⁴².

De acuerdo con lo anteriormente mencionado se determina tomar una muestra de la PTAR de Mosquera cuando ésta se encuentra en el tratamiento secundario para someterlas a sobrepresión mediante detonaciones y así analizar las variaciones fisicoquímicas y biológicas que la muestra tiene.

A continuación, se hará la comparación de los ensayos realizados en el agua residual antes y después de someterla a sobrepresión para determinar qué tan efectivo es la hipótesis que se ha venido planteando a lo largo de esta investigación.

⁴² Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR. (25 de Marzo de 2016). Resolución No. 690 de 25 de marzo 2016. Plan de Saneamiento y Manejo de vertimientos "PSMV". Mosquera, Cundinamarca, Colombia: No aplica. Obtenido de <http://hydrosmosquera.com.co/cms/wp-content/uploads/2017/02/RESOLUCION-DE-APROBACION-PSMV.pdf>

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES

Entrando un poco en contexto se dice que los sólidos suspendidos contienen partículas mayores de $1.2\mu\text{m}$, tamaño nominal de poros correspondientes al filtro de vidrio utilizado para la respectiva separación⁴³. Cuando estos sólidos se incrementan en el peso del filtro se determina la cantidad de sólidos suspendidos totales que se encuentran en la muestra⁴⁴. Para poder realizar el comparativo de las variaciones físicoquímicas y biológicas del agua residual al ser sometidas a sobrepresión mediante detonaciones, se tiene en cuenta la caracterización inicial de la muestra y el resultado después de haber practicado las explosiones, a continuación, se muestran los valores iniciales obtenidos.

Tabla 5. Caracterización inicial sólidos suspendidos totales del agua residual.

PARAMETRO	UNIDADES	VALOR
Sólidos suspendidos totales	Mg/L	292

Fuente. Informe de monitoreo y caracterización de agua residual.

Haciendo un análisis del valor inicial del agua residual (*Tabla 5*) se logra observar que la carga de sólidos totales es considerablemente alta teniendo en cuenta que el parámetro máximo establecido por la resolución 0631 del 7 de marzo de 2015 es de 90 mg/L.

Al someter la muestra a sobrepresión mediante detonaciones se obtiene lo siguiente:

⁴³ Rojas, J. A. (2000). Tratamiento de aguas residuales: Teoría y principios de diseño. NA: Escuela Colombiana de Ingeniería.

⁴⁴ Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2007). Sólidos suspendidos totales en agua secados a 103°C - 105°C . Republica de Colombia: Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/S%C3%B3lidos+Suspendidos+Totales+en+agua+s.pdf/f02b4c7f-5b8b-4b0a-803a-1958aac1179c>


 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

Tabla 6. Caracterización final sólidos suspendidos totales.

PARAMETRO	UNIDADES	VALOR
Sólidos suspendidos totales	Mg/L	318

Fuente. Reporte de resultados Chemilab.

Al observar el valor arrojado después de someter el agua a las detonaciones se logra identificar que aumentó la cantidad de sólidos totales.

A continuación, se evalúa el porcentaje de eficiencia mínima de remoción teniendo en cuenta los parámetros establecidos por el decreto 0330 de 2017. Debido a que la PTAR del municipio de Mosquera maneja en el tratamiento secundario el método de lagunas facultativas se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 7. Rango de eficiencia para sólidos suspendidos totales.

	Unidades de tratamiento	Eficiencia mínima de remoción de parámetros, porcentajes (%)	Observaciones
Tratamiento secundario	Lagunas facultativas	63-75	Sin contar con algas

Fuente. Decreto 0330 de 2017 (Tabla 29).

Para determinar el porcentaje de eficiencia de remoción que se obtuvo al someter la muestra a sobrepresión mediante detonaciones, se utilizó la siguiente ecuación:

$$E = \frac{S_o - S}{S_o} * 100$$

Ecuación 1. Porcentaje de eficiencia de remoción.
Fuente. (Rodríguez, 2006)


Donde:

E: Eficiencia de remoción del sistema (%)

S: Carga contaminante de salida

So: Carga contaminante de entrada

$$E = \frac{292-318}{318} * 100 = \mathbf{-9\%}$$

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

Teniendo en cuenta la eficiencia mínima establecida en el decreto 0330 de 2017 (Ver Tabla 7) y el dato obtenido en este ensayo (Ver Tabla 6), se determina que el porcentaje de remoción de la muestra sometida a sobrepresión mediante detonaciones fue del -9%, es decir, no cumple con el porcentaje mínimo establecido por la norma; probablemente, el haberse perforado el dispositivo en el cual se realizó la detonación y al quedar la muestra expuesta a material granulado, alteró considerablemente los sólidos suspendidos totales.

COLIFORMES TOTALES

Como primera instancia se hará una breve descripción del significado de los coliformes totales y la incidencia que tiene cuando se encuentra presente en el agua. De acuerdo con lo anterior, se dice que los coliformes son un grupo de bacterias los cuales incluye la Ecoli (*Escherichia coli*) y *Aerobacter*, estas bacterias son organismos patógenos las cuales dependiendo su valor es un indicador de contaminación del agua. Generalmente la Ecoli se expulsa mediante las heces⁴⁵

En cuanto a los coliformes totales, no son solo intestinalmente sino, se encuentran en el medio ambiente, el suelo, la superficie de agua dulce, lo cual representa fallas en la eficiencia del tratamiento del agua⁴⁶.

El valor obtenido en la caracterización inicial del agua residual escogida es el siguiente:

Tabla 8. Caracterización inicial coliformes totales del agua residual.


PARAMETRO	UNIDADES	VALOR
Coliformes totales	NMP/100ml	2000

Fuente. Informe de monitoreo y caracterización de agua residual.

Para detectar esta característica bioquímica, el IDEAM establece un parámetro de detección el cual es de 1 NMP/10ml, como se observa en la *Tabla 8*, la presencia

⁴⁵ Rojas, J. A. (2000). Tratamiento de aguas residuales: Teoría y principios de diseño. NA: Escuela Colombiana de Ingeniería.

⁴⁶ Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2007). *Coliformes totales y E coli por el metodo NMP*. República de Colombia: Ministerio de Ambiente, vivienda y desarrollo territorial. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Coliformes+totales+y+E>.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

del grupo bacteriano es alto indicando todavía un alto contenido de contaminación en el agua residual que se encuentra en tratamiento.

Por otra parte, el índice de coliformes totales puede determinar la calidad del agua y el tipo de tratamiento que se debe practicar de acuerdo con su valor, tal como se muestra en la *Tabla 9*.

Tabla 9. Calidad del agua según NMP de coliformes.

CLASE	NMP/100ml
Agua apta para purificación solo con desinfección	< 50
Agua apta para purificación con tratamiento convencional	50 -5.000
Agua contaminada que requiere tratamiento especial	5.0 – 50.000
Agua contaminada que requiere tratamiento muy especial	>50.000

Fuente. (Rojas, 2000).

De acuerdo al valor obtenido en la *Tabla 8* y siguiendo los parámetros establecidos en la *Tabla 9* se determina que de acuerdo a la calidad del agua esta debe tener un tratamiento convencional (tratamiento primario, secundario y terciario) tal como se mencionó en el marco de referencia.

Al someter el agua residual a sobrepresión mediante detonaciones se obtiene el siguiente valor:

Tabla 10. Caracterización final coliformes totales.

PARAMETRO	UNIDADES	VALOR
Coliformes totales	NMP/100ml	933

Fuente. Reporte de resultados Chemilab.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la *Tabla 10* se logra observar que el número más probable en el parámetro estudiado disminuyó al ser sometida la muestra a sobrepresión.

A continuación, se evalúa el porcentaje de eficiencia mínima de remoción teniendo en cuenta los parámetros establecidos por el decreto 0330 de 2017. Debido a que la PTAR del municipio de Mosquera maneja en el tratamiento secundario el método de lagunas facultativas se obtuvieron los siguientes datos:


 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

Tabla 11. Rango de eficiencia para coliformes totales.

	Unidades de tratamiento	Eficiencia mínima de remoción de parámetros, porcentajes (%)	Observaciones
Tratamiento secundario	Lagunas facultativas	80-90	Sin contar con algas

Fuente. Decreto 0330 de 2017 (Tabla 29).

Para determinar el porcentaje de eficiencia de remoción se realiza el cálculo con la *Ecuación 1* (Página 83), obteniendo el siguiente resultado:

$$E = \frac{2000-933}{933} * 100 = \mathbf{53\%}$$


Teniendo en cuenta la eficiencia mínima establecida en el decreto 0330 de 2017 (Ver *Tabla 11*) y el dato obtenido en este ensayo (Ver *Tabla 10*), se determina que el porcentaje de remoción de la muestra sometida a sobrepresión mediante detonaciones fue del 53%, es decir, no cumple con el porcentaje mínimo establecido por la norma.

NITRÓGENO TOTAL KJELDAHL.

Se denomina NTK nitrógeno total kjeldhal, al nitrógeno orgánico más el nitrógeno amoniacal. La evaluación del nitrógeno es necesaria para determinar la tratabilidad de las aguas residuales mediante tratamientos biológicos, en el evento de tener un agua residual con bajo contenido de nitrógeno se puede llegar a requerir una adición de nitrógeno con el fin de garantizar una adecuada biodescomposición, esto ya que es un nutriente básico para el desarrollo de plantas y protistas.

El nitrógeno orgánico es la forma predominante en aguas residuales domésticas, si se analiza en un medio aerobio, las bacterias descomponen el nitrógeno orgánico en nitritos y nitratos, si no se encuentran en ese medio, es descompuesto en nitrógeno amoniacal. Los nitratos son metabolizados por algas entre otros organismos acuáticos para formar proteínas, debido a este fenómeno y con el fin de prevenir el crecimiento de estos organismos, en algunos casos se hace necesario la remoción del nitrógeno.

En aguas residuales con un PH menor a 9 se puede evidenciar el ion amonio, el nitrógeno amoniacal es toxico en su forma no ionizada (NH₃), la forma iónica (NH₄)

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

no es tóxica. ⁴⁷ El agua residual domestica de la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Mosquera maneja un PH que oscila entre 6 y 7.

Para los efectos del desarrollo del proyecto y de realizar el comparativo de las variaciones de las características fisicoquímicas y biológicas del agua residual al ser sometidas a sobrepresión mediante detonaciones, se realizó un análisis inicial del agua residual en el tratamiento secundario y se encontraron los siguientes resultados.

Tabla 12. Control Nitrógeno Total Inicial.

PARAMETRO	UNIDADES	VALOR
Nitrógeno Total	mg/L	123.2

Fuente: Informe de monitoreo y caracterización de agua residual.

Revisando los parámetros establecidos por la resolución 631 del 2015 en su artículo número 8, se indica que se debe realizar el análisis y reporte, en la resolución 330 del 2017 se indica que el aporte per cápita para aguas residuales domesticas del NTK debe oscilar entre 9.3 y 13.7 g/hab/día, por otra parte en la literatura de tratamiento de aguas residuales, teoría y principios de diseño indica que en aguas residuales domesticas la concentración de nitrógeno total puede ser de 30 mg/L a 100 mg/L. ⁴⁸

De acuerdo con los parámetros establecidos queda en evidencia que la carga de nitrógeno total que se tiene en los resultados iniciales se encuentra por encima de lo establecido al tener 123.2 mg/L. Después de someter el agua residual a los efectos de sobrepresión originada por detonaciones con material explosivo, el ensayo de laboratorio para Nitrógeno Total Kjeldhal dio como resultado lo que se indica en la Tabla 13:


Tabla 13. Control Nitrógeno Total Final.

PARAMETRO	UNIDADES	VALOR
Nitrógeno Total	mg/L	4.41

Fuente: Reporte de resultados Chemilab.

⁴⁷ Romero Rojas, Jairo Alberto. 2016. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería.

⁴⁸ Romero Rojas, Jairo Alberto. 2016. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--


Con el fin de determinar la validez del proceso que se llevó a cabo, se realizó la determinación del porcentaje de eficiencia de remoción, donde se utilizó la *Ecuación 1* (Página 83):

$$E = \frac{123.2 - 4.41}{123.3} \times 100 = 96.42\%$$

Observando el resultado obtenido en el cálculo de la eficiencia del experimento, la cual dio como producto una remoción del 96.42%, se puede evidenciar que el efecto de la sobrepresión producida por detonaciones en el agua residual tiene un alto porcentaje de remoción. Según el libro del ingeniero Jairo Romero Rojas, en aguas residuales tratadas la concentración de nitratos puede ser de 30 mg/L, para efectos de la investigación realizada, el resultado obtenido se encuentra muy por debajo de ese valor, lo cual nos puede indicar que el residuo se ha estabilizado con respecto a su demanda de oxígeno. Este procedimiento se puede aplicar en sistemas de tratamiento de aguas residuales que presenten problemáticas debidas a la presencia de gran cantidad de algas y otros organismos acuáticos, en donde puede necesitarse la remoción de nitrógeno para prevenir dichos crecimientos. Es importante mencionar que en los intestinos humanos el nitrato es reducido a nitrito, absorbido por el torrente sanguíneo y causante de la metahemoglobinemia infantil o de la formación de nitrosaminas, las cuales son cancerígenas.⁴⁹, de ahí otra fundamental razón de la importancia de la remoción del nitrógeno de las aguas residuales antes de realizar el vertimiento a una fuente hídrica superficial.

Para Colombia no existe norma específica para Nitrógeno Total Kjeldhal, sin embargo se interpretan los valores de las especies nitrogenadas individuales, Como referencia relacionado con la magnitud de NKT se tiene en cuenta la Directiva 75/440/CEE de la Unión Europea que establece los límites máximos para agua superficial destinada a consumo humano según el tipo de tratamiento requerido, así: para tratamiento físico simple y desinfección 1 mg N/L, para tratamiento físico

⁴⁹ Romero Rojas, Jairo Alberto. 2016. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

normal, tratamiento químico y desinfección 4 mg N/L y para tratamiento físico y químico intensivos, afino y desinfección 6 mg N/L. Con el resultado obtenido de 4 mg N/L después de ser sometida a sobrepresión el agua residual se cumple con los parámetros determinados por la norma en mención demostrando así la eficiencia del experimento⁵⁰.

FÓSFORO.

De la misma manera que el nitrógeno, el fósforo es de gran importancia para el metabolismo y la proliferación de algas y otros organismos acuáticos, de ahí la ventaja de su remoción de las aguas residuales. La manera como comúnmente se encuentra presente el fosforo en las aguas residuales es como ortofosfatos, polifosfatos y fosfatos orgánicos, verdaderamente el fósforo orgánico es de importancia secundaria en las aguas residuales domesticas a diferencia de las aguas industriales y los lodos.


En el presente proyecto se decidió el estudio del fosforo con el fin de determinar la afectación biológica que tendría su remoción mediante el efecto de la sobrepresión dada por detonaciones, para lo cual se realizaron las pruebas de laboratorio iniciales en la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Mosquera al inicio del tratamiento secundario, dando como resultado la información contenida en la siguiente tabla:

Tabla 14. Control Ortofosfatos Inicial.

PARAMETRO	UNIDADES	VALOR
Ortofosfatos (mg PO ₄ /L) (equivalente a fósforo soluble, fosfato soluble, ortofosfato soluble, fósforo reactivo soluble)	mg PO ₄ /L	9.47

Fuente: Informe de monitoreo y caracterización de agua residual.

⁵⁰ Ideam 2011b. Identificación del indicador nitrógeno total.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

El método de determinación de ortofosfatos es clorimétricamente con molibdeno de amonio, el fósforo orgánico como los polifosfatos son convertidos en ortofosfatos para su determinación. Según la resolución 631/15 los compuestos de fósforo como lo son los ortofosfatos y el fósforo total, medidos en mg/L para aguas residuales domésticas de los prestadores de servicio público de alcantarillado a cuerpos de agua superficiales se debe realizar un análisis y reportar ante la autoridad ambiental correspondiente, para el tratamiento biológico en general se recomienda una relación de DBO/N/P = 100 / 5 / 1.⁵¹

Con el fin de realizar la comparación los efectos de la sobrepresión en el agua residual con los efectos producidos por la PTAR en el tratamiento secundario con respecto a la carga de fósforo presente se realizaron los ensayos de laboratorio arrojando el resultado que se relaciona a continuación:

Tabla 15. Control Ortofosfatos Final.

PARAMETRO	UNIDADES	VALOR
Ortofosfatos (mg PO ₄ /L) (equivalente a fósforo soluble, fosfato soluble, ortofosfato soluble, fósforo reactivo soluble)	mg PO ₄ /L	<0.21


Fuente: Reporte de resultados Chemilab.

Para determinar la eficiencia de remoción de fósforo del método utilizado, se tomó la *Ecuación 1* (Página 83)

$$E = \frac{9.47 - 0.21}{9.47} \times 100 = \mathbf{97.78\%}$$

Al obtener un resultado del 97.78% queda puesto de manifiesto la buena eficiencia del experimento para reducir la carga de fósforo del agua residual, este resultado aporta enormemente a reducir el fenómeno conocido comúnmente como eutrofización, el cual se produce en las aguas superficiales con una concentración

⁵¹ Romero Rojas, Jairo Alberto. 2016. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

elevada de fósforo en las cuales aumenta el crecimiento de organismos dependientes del fosforo como lo son las algas, Estos organismos usan grandes cantidades de oxígeno y previenen que los rayos de sol entren en el agua. Esto hace que el agua sea poco adecuada para la vida de otros organismos. El vertimiento de demasiado fosfato a la fuente superficial que sea aguas abajo destinada para el consumo humano puede causar problemas de salud, como es daño a los riñones y osteoporosis⁵².


De acuerdo con la Resolución 2115 de 2007, en el artículo 7°. Características químicas que tienen consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana se determina que el valor máximo para la concentración de fosfatos en el agua potable debe ser menor o igual a 0.5 mg/L de PO-3, debido a que no existe norma colombiana para fósforo total, se toma Como referente relacionado con la magnitud de fosfato (PO4) se consideró la Directiva 75/440/CEE de la Unión Europea cuyos límites permisibles para agua superficial destinada a consumo humano según el tipo de tratamiento requerido, son para tratamiento físico simple y desinfección 0.52 mg PO4/L, para tratamiento físico normal, tratamiento químico y desinfección 0.94 mg PO4/L y para tratamiento físico y químico intensivos, afino y desinfección 0.94 mg PO4/L. Con relación a los resultados que arrojaron los ensayos de laboratorio realizados a las muestras de agua residual sometida a sobrepresión por detonaciones se demuestra que del experimento se obtiene un resultado que cumple con la norma establecida para la medición de los ortofosfatos ⁵³.

DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)

La demanda química de oxígeno es utilizada como parámetro del oxígeno semejante a la materia orgánica oxidable químicamente mediante un agente químico oxidante fuerte, usualmente dicromato de potasio a alta temperatura y en un medio ácido. Existen compuestos inorgánicos que ocasionan errores en los resultados tales como los cloruros, estos se neutralizan mediante la adición de

⁵² Lenntech n.d. Distributieweg 3, 2645 EG Delfgauw. <https://www.lenntech.com/>

⁵³ Ideam 2011a. Identificación del indicador fosforo total.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

sulfato de mercurio y prevenir el consumo de dicromato con el ion cloruro. Teóricamente se espera que la DQO sea aproximadamente igual a la DBO última, pero principalmente en aguas residuales industriales, se da lugar a varios factores que hacen que esta enunciación no se cumpla.⁵⁴

En el presente proyecto se decidió el estudio de la demanda química de oxígeno con el fin de determinar la afectación química que tendría su remoción mediante el efecto de la sobrepresión dada por detonaciones, para lo anterior se realizaron los ensayos de laboratorio iniciales en la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Mosquera al inicio del tratamiento secundario, dando como resultado la información contenida en la siguiente tabla:

Tabla 16. Control Demanda Química de Oxígeno Inicial.

PARAMETRO	UNIDADES	VALOR
DQO	mg O ₂ /L	563

Fuente: Informe de monitoreo y caracterización de agua residual.

El método utilizado para la determinación del DQO es el de reflujo cerrado y clorimétrico el cual es un método que es aplicable a aguas superficiales y residuales, empleando el dicromato de 0,025 N (normalidad) en un rango de 2.0 mg O₂/L a 100 mg O₂/L, usando el dicromato de 0,10 N en un rango de 10 mg O₂/L a 450 mg O₂/L y con el dicromato de 0,25 N tiene un intervalo de lectura de 10 mg O₂/L a 1000 mg O₂/L⁵⁵. Las aguas residuales domésticas crudas tienen DQO promedio de 250 a 1000 mg/L con relaciones de DQO/DBO que usualmente oscilan entre 1.2 y 2.5.

La someter la muestra de agua residual tomada de la PTAR de Mosquera a sobrepresión por efecto de una detonación y posteriormente llevarla al laboratorio con el fin de realizar el ensayo anteriormente descrito, se obtuvieron los resultados que se relacionan a continuación:

⁵⁴ Romero Rojas, Jairo Alberto. 2016. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería.

⁵⁵ Ideam. 2007. Demanda química de oxígeno por reflujo cerrado y volumetría.


 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

Tabla 17. Control Demanda Química de Oxígeno Final.

PARAMETRO	UNIDADES	VALOR
DQO	mg O ₂ /L	389

Fuente: Reporte de resultados Chemilab.


Para determinar la eficiencia del experimento realizado con respecto a la demanda química de oxígeno, se tomó la *Ecuación 1* (Página 83)

$$E = \frac{563 - 389}{563} \times 100 = 30.9\%$$

Con una remoción del 30.9% se puede afirmar que el experimento produce un cambio significativo en la muestra, sin embargo a la luz de la resolución 631 del 2015, que indica que para aguas residuales domesticas de los prestadores de servicios públicos de alcantarillado a cuerpos de agua superficiales, la demanda química de oxígeno medida en mg/L O₂ máxima permitida es de 180, el resultado del laboratorio del experimento fue de 389, por tal motivo no se alcanza al cumplir con el límite establecido y de la misma manera no alcanza a salir de los límites establecidos por el ingeniero Romero Rojas en su texto para aguas residuales crudas.

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO)

La demanda bioquímica de oxígeno hace referencia a la cantidad de oxígeno necesaria en el agua residual para que los microorganismos puedan estabilizar (oxidar) el material orgánico biodegradable bajo la presencia de condiciones aerobias. La DBO es una de las características más utilizadas para la caracterización de aguas residuales y superficiales, así como para el diseño de estructuras de tratamiento biológico, para la determinación de la cantidad de oxígeno requerido para la descomposición microbiológica de materia orgánica, para

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

determinar la eficiencia de los procesos de tratamiento y así mismo fijar las cargas orgánicas permisibles en fuentes receptoras de vertimientos⁵⁶.

Para la determinación de la DBO carbonácea existe una formulación matemática que se basa en la ley empírica de Theriault y fue desarrollada por Streeter y Phelps, indica que la tasa de oxidación bioquímica de la materia orgánica es directamente proporcional a la cantidad de materia orgánica presente lo cual obedece a una ecuación de primer orden y se tiene: (Romero, 2016)

$$\frac{dL_t}{dt} = -KL_t$$

Donde: L_t = DBO remanente en el agua en el tiempo t, mg/L

K = constante que expresa la tasa de oxidación, d^{-1}

T = tiempo de oxidación, d

$\frac{dL_t}{dt}$ = tasa de oxidación de la materia orgánica carbonácea, mg/L


La oxidación bioquímica es un proceso lento que requiere, matemáticamente, un tiempo infinito para su culminación. A 20°C, valores típicos de K y k son respectivamente 0.23 y 0.10 d^{-1} , para aguas residuales domésticas. En la siguiente tabla se indican posibles valores de K:

Tabla 18. Valores típicos de k, K, L

Tipo de agua residual	k, d^{-1}	K, d^{-1}	L, mg/L
Doméstica débil	0.152	0.35	150
Doméstica fuerte	0.168	0.39	250
Efluente primario	0.152	0.35	75-150
Efluente secundario	0.05-0.10	0.12-0.23	10-75

Fuente: (Romero Rojas 2016).

⁵⁶ Tchobanoglous, George. WASTEWATER ENGINEERING: COLLECTION AND PUMPING OF WASTEWATER. ed. McGraw-Hill Book Company.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

Debido a que la demanda bioquímica de oxígeno es un parámetro fundamental en la caracterización del agua residual, en el presente proyecto de investigación se decidió hacer la medición correspondiente, encontrando como parámetro inicial en la PTAR Mosquera los resultados que a continuación se relacionan:

Tabla 19. Control Demanda Bioquímica de Oxígeno Inicial.

PARAMETRO	UNIDADES	VALOR
DBO	mg/L O ₂	311

Fuente: Informe de monitoreo y caracterización de agua residual.

En condiciones normales de laboratorio, esta demanda se cuantifica a 20°C, el ensayo estándar se realiza a cinco días de incubación y se conoce convencionalmente como DBO_5 con valores numéricos expresados en mg/L O₂. Para hacer el cálculo del indicador se utilizan los registros de los datos técnicos de las muestras realizadas para cada uno de los diferentes puntos de muestreo de la corriente de estudio. Los datos son obtenidos de la medición puntual (en un punto del espacio y del tiempo) de las corrientes con información disponible, que representan las características instantáneas del cuerpo de agua donde proceden⁵⁷.


Para efectos de la investigación, de la misma manera como se realizó inicialmente, se realizó el ensayo correspondiente al agua residual después de haber sido sometida a sobrepresión por efecto de detenciones, dando como resultado lo enunciado a continuación:

Tabla 20. Control Demanda Química de Oxígeno Final.

PARAMETRO	UNIDADES	VALOR
DBO	mg/L O ₂	166

Fuente: Reporte de resultados Chemilab.

⁵⁷ IDEAM, 2007. *Determinación De Oxígeno Disuelto Por El Método Yodometrico Modificacion De Azida Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – República de Colombia Subdirección De Hidrología - Grupo Laboratorio De Calidad Ambiental*

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

Mediante la aplicación de pruebas y ensayos al agua residual se busca realizar una comparación en materia de la variación de las características fisicoquímicas y biológicas debidas al efecto de la sobrepresión producida por detonaciones, de tal manera que para el cálculo de la eficiencia del método utilizado se aplica la *Ecuación 1*(Página 83):


$$E = \frac{311 - 166}{311} \times 100 = 46.62\%$$

Para aguas residuales domesticas de los prestadores del servicio público de alcantarillado a cuerpos de agua superficiales, la resolución 631 del 2015 establece un valor máximo de 90 mg/L O_2 , por otra parte, en el reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico – RAS establecido mediante la resolución 330 del 2017 se estipula un aporte per cápita para agua residuales domesticas de DBO 5 días, 20°C, un valor que oscile en el intervalo de 25 a 80 g/hab/día y se reporta un valor sugerido de 50 g/hab/día.

Ya que la DBO es un indicador importante para el control de la contaminación de las corrientes donde la carga orgánica se debe restringir para mantener los niveles deseados de oxígeno disuelto ⁵⁸ . A pesar que el tratamiento con sobrepresión alcanzo un porcentaje de remoción del 46.62% con una carga de DBO equivalente a 166, este valor sobrepasa los niveles permitidos por las normas colombianas y las internacionales, por tal motivo se sugiere que si este método es usado con el fin de controlar un indicador como la DBO, debe estar acompañado de otro proceso complementario que optimice el porcentaje de remoción dejando el agua residual tratada con un carga admisible dentro de los parámetros establecidos.

Si se hace una comparación con otros tipos de tratamientos de aguas residuales, quizá un poco más convencionales, encontramos por ejemplo que, en las lagunas aireadas, con temperaturas altas y cargas bajas, es posible obtener un grado alto de nitrificación, un sistema de tratamiento de aguas residuales, con lagunas

⁵⁸ SAWYER y McCARTY, 2001, *McGraw-Hill series in water resources and environmental engineering*, Traducido por Arteaga de García. Lucía, Edición 4 ilustrada.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

aireadas, permite obtener remociones de DBO mayores al 90% y remociones de coliformes fecales del 90 al 95% con periodos de aireación de 2 a 6 días⁵⁹.

Culminando el análisis de resultados de esta investigación, se elabora una tabla general de los datos iniciales y finales de cada uno de los parámetros estudiados a lo largo del proyecto de grado (Ver *Tabla 21*).

Tabla 21. Comparación datos de los ensayos realizados.

PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR INICIAL	VALOR FINAL	EFICIENCIA DE REMOCIÓN (%)
Sólidos suspendidos totales	mg/L	292	318	-9%
Coliformes Totales	NMP/100ml	2000	933	53%
Nitrógeno Total	mg/L	123.2	4.41	96.42%
Fosforo Total	mg PO ₄ /L	9.47	<0.21	97.78%
DQO	mg O ₂ /L	563	389	30.9%
DBO ₅	mg/L O ₂	311	166	46.62%

Fuente. Propia.

Se realiza una tabla comparativa (Ver Tabla 22) de los valores iniciales, finales y el límite que estipula la resolución 631 de 2015 en cada uno de los ensayos analizados anteriormente.

⁵⁹ Romero Rojas, Jairo Alberto. 2016. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería.


 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

Tabla 22. Comparativo valores iniciales, finales y límite establecido por la resolución 631 de 2015.

PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR INICIAL	VALOR FINAL	VALOR RESOLUCIÓN 631 DE 2015
Sólidos suspendidos totales	mg/L	292	318	90
Coliformes Totales	NMP/100ml	2000	933	N.E
Nitrógeno Total	mg/L	123.2	4.41	Análisis y reporte
Fosforo Total	mg PO ₄ /L	9.47	<0.21	Análisis y reporte
DQO	mg O ₂ /L	563	389	180
DBO ₅	mg/L O ₂	311	166	90

Fuente. Resolución 631 de 2015 Artículo 8.

Observaciones: N.E: Valor No obtenido en la Resolución 631 de 2015. No Aplica.

Por último, se elabora una tabla comparativa (Ver Tabla 23) de los valores iniciales, finales y el rango de eficiencia que establece la resolución 0330 de 2017 para cada uno de los ensayos analizados en este proyecto teniendo en cuenta que la muestra se tomó cuando se encontraba en tratamiento secundario con unidades de tratamiento como lagunas facultativas.


Tabla 23. Comparativo valores iniciales, finales y rango de eficiencia establecido por el decreto 0330 de 2017.

PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR INICIAL	VALOR FINAL	EFICIENCIA DE REMOCIÓN (%)	RANGO EFICIENCIA RESOLUCIÓN 0330 DE 2017
Sólidos suspendidos totales	mg/L	292	318	-9%	63-75
Coliformes Totales	NMP/100ml	2000	933	53%	80-90
Nitrógeno Total	mg/L	123.2	4.41	96.42%	N.E
Fosforo Total	mg PO ₄ /L	9.47	<0.21	97.78%	N.E
DQO	mg O ₂ /L	563	389	30.9%	40-50
DBO ₅	mg/L O ₂	311	166	46.62%	80-90

Fuente. Resolución 0330 de 2017 Artículo 184.

Observaciones: N.E: Valor No obtenido en la Resolución 0330 de 2017. No Aplica.

Se debe tener en cuenta que los rangos establecidos en el decreto en el tratamiento secundario no se cuentan la presencia de algas.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--


3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 CONCLUSIONES

Esta investigación se ha propuesto analizar las variaciones físico-químicas y biológicas del agua residual al ser sometidas a sobrepresión mediante detonaciones teniendo en cuenta la caracterización inicial de la muestra, para así mismo, identificar si el método planteado es viable para la optimización del tratamiento del agua residual.

Al realizar las detonaciones controladas teniendo en cuenta personal capacitado y enviando la muestra al laboratorio para sus respectivos ensayos se logró concluir de cada uno de las características analizadas lo siguiente:

- Se identificó en el ensayo de sólidos suspendidos totales que el valor obtenido en la carga contaminante de salida, es decir, después de someterla a sobrepresión mediante detonaciones aumentó, debido a que el momento en el que se realizaron las explosiones, el dispositivo se perforo dejando expuesta la muestra a material granular.
- El porcentaje de eficiencia de remoción para el ensayo de sólidos suspendidos totales dio negativo debido a que el valor de la carga en la caracterización final aumento, lo cual no cumple con los parámetros establecidos determinados en el decreto 0330 de 2017.
- Este procedimiento se puede aplicar en sistemas de tratamiento de aguas residuales que presenten problemáticas debidas a la presencia de gran cantidad de algas y otros organismos acuáticos, en donde puede necesitarse la remoción de nitrógeno y fósforo para prevenir dichos crecimientos.
- En el proceso realizado para la aplicación de sobrepresión en el agua residual se obtuvieron porcentajes de remoción de la DBO y DQO entre el 30% y el 50%, lo cual se puede considerar en como un buen resultado, sin embargo, estos porcentajes no llegan a disminuir las cargas de estos indicadores hasta los parámetros establecidos por las normas aplicable en Colombia.


 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

3.2 RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta la investigación realizada y los ensayos ejecutados por parte del grupo investigador se propone mejorar el diseño y construcción del dispositivo autoclave ya que éste debe tener un tamaño proporcional a la cantidad de muestra analizar, sus válvulas reguladoras de presión deben ser lo suficientemente resistentes para soportar la sobrepresión súbita que se presenta en el dispositivo.


Por otra parte, tener una gestión y coordinación debidamente organizada con el Ejército Nacional y/o la entidad competente para el manejo de los explosivos ya que esto está debidamente controlado.

Se debe tener en cuenta los demás parámetros en cuanto a la caracterización del agua residual para tener un análisis más profundo y preciso sobre los efectos físico-químicos y biológicos que causa la sobrepresión mediante explosivos, y así mismo evaluar los factores pertinentes. Adicionalmente, se cree conveniente realizar un muestreo en función del tiempo para evaluar si el procedimiento establecido es útil a largo plazo.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	---	---

BIBLIOGRAFÍA

- Analquim Ltda. (2018). *Informe de monitoreo y caracterización de agua residual*. Bogotá: Analquim Ltda.
- Arauso, O. C. (2014). *tecnicas Modernas en Voladuras Controladas en Minería a Cielo Abierto*. Perú.
- Baron, L. M. (2009). *Aguas Residuales*. No Informa: El Cid Editor. Obtenido de <https://ebookcentral.proquest.com/lib/biblioucatolicasp/reader.action?docID=3180525&query=aguas+residuales>
- Bartolomé, F. A. (1972). *Los Explosivos y sus Aplicaciones*. Labor SA.
- Berthelot, J.-M. (2012). *Matériaux Composites*. Paris: Lavoisier.
- Canarias, i. t. (2008). *energias renovables y eficiencia energetica*. canarias: ISBN.
- Carlos M. Lopez, G. B. (2008). *Biological treatment of wastewater*. Londres: IWA Publishing.
- Castells, X. E. (2012). *Energia, Agua, Medio Ambiente, territorialidad y sostenibilidad*. MADrid: ediciones Diaz de Santos S.A.
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR. (25 de Marzo de 2016). Resolución No. 690 de 25 de marzo 2016. *Plan de Saneamiento y Manejo de vertimientos "PSMV"*. Mosquera, Cundinamarca, Colombia: No aplica. Obtenido de <http://hydrosmosquera.com.co/cms/wp-content/uploads/2017/02/RESOLUCION-DE-APROBACION-PSMV.pdf>
- ENAEEX. (2013). *Manual de tronadura*. chile.
- Eugene Pleassants Odum, G. W. (2006). *Fundamentos de Ecología*. Mexico: Cengage Learning Latin America.
- EXSA. (1986). *MANUAL PRACTICO DE VOLADURA*. Lima, Peru.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	---	-------------------------------------

Gerard J Tortora, B. R. (2007). *Introducción a la microbiología*. Buenos Aires: Editorial Medica Panamericana. Obtenido de <https://books.google.com.co/books?id=Nxb3iETuwplC>

Heinke, J. G. (1999). *Ingeniería Ambiental*. Mexico: Pearson Educación. Obtenido de <https://books.google.com.co/books?id=ToQmAKnPpzlC&pg=PA396&dq=planta+de+tratamiento+de+agua+potable&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiv2eH6lfnZAhUktlkKHa7jBEEQ6AEIMDAD#v=onepage&q=planta%20de%20tratamiento%20de%20agua%20potable&f=false>

IDEAM. (2004). *Determinación de oxígeno disuelto por el método yodometrico modificacion de azida*.

IDEAM. (2005). *Alcalinidad potenciometria*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Alcalinidad+total+en+agua+por+electrometr%C3%ADa..pdf/dd9a3610-8ff7-49bc-97eb-5306362466df>


IDEAM. (2007). *Nitrogeno total en agua por el metodo semi-micro Kjeldhl*.

IDEAM. (2007). *Solidos suspendidos totales en agua*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/S%C3%B3lidos+Suspendidos+Totales+en+aguas.pdf/f02b4c7f-5b8b-4b0a-803a-1958aac1179c>

INDUMIL. (16 de MARZO de 2018). *INDUMIL*. Obtenido de www.indumil.gov.co

Ingraham, J. L. (1998). *Introducción a la Microbiología*. Barcelona: Reverté S.A. Obtenido de <https://books.google.com.co/books?id=dUEZSXaz2UC&pg=PA725&dq=microbiologia+del+agua+residual&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiqp-eli9bZAhWhq1kKHc4D64Q6AEILDAB#v=onepage&q=microbiologia%20del%20agua%20residual&f=false>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2007). *Coliformes totales y E coli por el metodo NMP*. República de Colombia: Ministerio de Ambiente, vivienda y desarrollo territorial. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Coliformes+totales+y+E>

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	---	---

+coli+en+agua+NMP+M%C3%A9todo+Colilert.pdf/463a6c8d-122c-4f75-8572-81bd64baa2d2

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2007). *Sólidos suspendidos totales en agua secados a 103°-105°C*. Republica de Colombia: Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/S%C3%B3lidos+Suspendidos+Totales+en+aguas.pdf/f02b4c7f-5b8b-4b0a-803a-1958aac1179c>

Jacobson, W. J. (1996). *Continuing education program in environmental education for teachers and secondary school science advisors*. Bilbao: The books of the fall. Obtenido de <https://books.google.com.co/books?id=zqyAlsLXv88C>

Jaramillo, A. O. (2005). *Bioingeniería de Aguas residuales Teoría y Diseño*. No informa: Acodal.


Jimenez, A. M. (2005). *Diccionario Didactico de Ecología*. San Jose, C.R.: Editorial de la Universidad de Costa Rica. Obtenido de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=a2kW3pjzc-wC&oi=fnd&pg=PA1&dq=diccionario+de+ecolog%C3%ADa&ots=YTA0ci3cFQ&sig=yL39fovJ2mGYMAfel-QBS5MZ_HE#v=onepage&q=diccionario%20de%20ecolog%C3%ADa&f=false

Jimeno, C. L. (s.f.). *Manual de perforación y Voladura de Rocas*. España: Instituto Tecnológico GEOminero de España.

Lopez, L. M. (2003). *principios basicos de la contaminacion ambiental*. Toluca: instituto literario 100 Ote.

Manahan, S. E. (2007). *Introduction to Environmental Chemistry*. Barcelona: Reverté.

Maria del Pilar Cabildo miranda, R. C. (2008). *Reciclado y tratamiento de residuos*. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia. Obtenido de <https://ebookcentral.proquest.com/lib/biblioucatolicasp/detail.action?docID=3199391>.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	---	---

México, U. N. (Mayo, 2013). *Tratamiento de Aguas. Manual de Laboratorio*. Mexico.

Mexico., u. N. (2005). *Ecología y Medio Ambiente*. Naucalpan de juarez: pearson educacion de Mexico S.A. de C.V.

Normativa ITC 10.3.01. (marzo de 2011). p.1-10. Obtenido de <http://www.comunicaciones.gob.gt/Boletin%20Interinstitucional/2.%20Anexo%20Generales/Anexo%20B,%20Norma%20Espa%F1ola/Apendice%201,%20Anexo%20B,%20Voladuras%20Especiales.pdf>


Peral, X. D. (2006). *Química ambiental de sistemas terrestres*. Barcelona: Reverté. Obtenido de https://books.google.com.co/books?id=S4bjFOEXRzMC&pg=PA190&dq=dbo+y+dqo&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi_k-q4q_nZAhXHpFkKHbzfBH8Q6AEIKjAB#v=onepage&q=dbo%20y%20dqo&f=false

R. J. Lincoln, G. A. (2009). *dictionary of ecology, evolution and taxonomy*. USA: Fondo De Cultura Economica USA.

Ramalho, R. (1996). *Tratamiento de aguas residuales*. Barcelona: Reverté S.A. Obtenido de <https://books.google.com.co/books?id=30etGjzPXyWC&pg=PP1&dq=TRATAMIENTOS+DE+AGUAS+RESIDUALES,+Edici%C3%B3n+revisada,+R.S.+Ramalho,+editorial+revert%C3%A9+S.A.&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiEucbKIdbZAhXRxFkKHehYDgUQ6AEIJTAA#v=onepage&q=TRATAMIENTOS%20DE%20AGUAS%2>

Rodriguez, L. M. (2006). *Operación de un filtro anaerobicode flujo ascendente (FAFA) hasta alcanzar el estado estable*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co/1178/1/linamarcelaparrarodriguez.2006.pdf>

Rojas, J. A. (2000). *Tratamiento de aguas residuales: Teoría y principios de diseño*. NA: Escuela Colombiana de Ingeniería.

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO	VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES	FECHA: 2018 VERSIÓN 0
---	--	--

Santos, D. d. (1992). *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. Díaz de Santos S.A. Obtenido de <https://ebookcentral.proquest.com/lib/biblioucatolicasp/reader.action?docID=3176700&query=microbiologia+en+aguas+residuales#>

Sarmiento, F. O. (2000). *diccionario de ecologia: paisajes, conservacion y desarrollo sustentable para latinoamerica*. athens: ediciones abya yala. Obtenido de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=vt1BF53n3woC&oi=fnd&pg=PA1&dq=diccionario+de+ecolog%C3%ADa&ots=LlzJaiuNfJ&sig=GwXze8ar2uodqCa46FqNp7p0lYw#v=onepage&q&f=false>

IDEAM. 2007. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO POR REFLUJO CERRADO Y VOLUMETRIA.


———. 2011a. IDENTIFICACION DEL INDICADOR FOSFORO TOTAL.

———. 2011b. IDENTIFICACION DEL INDICADOR NITÓGENO TOTAL.


“Lenntech.”

Romero Rojas, Jairo Alberto. 2016. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Tchobanoglous, George. WASTEWATER ENGINEERING: COLLECTION AND PUMPING OF WASTEWATER. ed. MCGraw-Hill Book Comopany.

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	---	---

ANEXOS

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	---	---

Anexo 1. Autorización ingreso personal base Tolemaida.



**MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL.
COMANDO GENERAL FUERZAS MILITARES.
EJÉRCITO NACIONAL.
CENTRO NACIONAL CONTRA AEI Y MINAS.**



Al contestar, cite este número

Rad. No. 20184425076403: MDN-CGFM-COEJC-SECEJ-JEMGF-COING-CENAM-DIDAE-29-25.

Bogotá, D.C., 07 agosto de 2018.

Señor Brigadier General.

JUAN CARLOS CORREA CONSUEGRA.

Comandante Centro Nacional de Entrenamiento Militar.

Tolemaida, Nilo (Cundinamarca).

Asunto: Solicitud autorización ingreso personal.

Respetuosamente me permito solicitar a mi General su autorización para el ingreso al Fuerte Militar de Tolemaida, de dos (02) personas de la universidad católica de Colombia el día martes 11 de septiembre del año en curso, a partir de las 07:00 horas, quienes realizarán una prueba de investigación científica con explosivos, en los laboratorios de la Dirección de Innovación y Desarrollo Contra AE del Centro Nacional contra AEI y Minas (CENAM), ubicado en las instalaciones del Batallón de Mantenimiento de Ingenieros Militares (BAMAI), así:

Nº	Grado o Cargo	Nombres	Apellidos	Numero ID
01	Ingeniero	Daniel Reinaldo	Becerra Rodríguez	CC 1.032'425.491
02	Ingeniero	Lina Patricia	Murcia Caro	CC 46'678.854

Quiénes se desplazarán en un (01) vehículo NISSAN VERSA de Placas MQP955.

Respetuosamente,

Teniente Coronel **DIEGO HERNÁN PADILLA OSPINA**
Oficial Evaluación y Estadística - CENAM


Elaboró: CT. María Roxana Vazquez
Director DUECENAM

Valió: CT. María Roxana Vazquez
Asesoría Jurídica CENAM

HÉROES MULTIMISIÓN
NUESTRA MISIÓN ES COLOMBIA

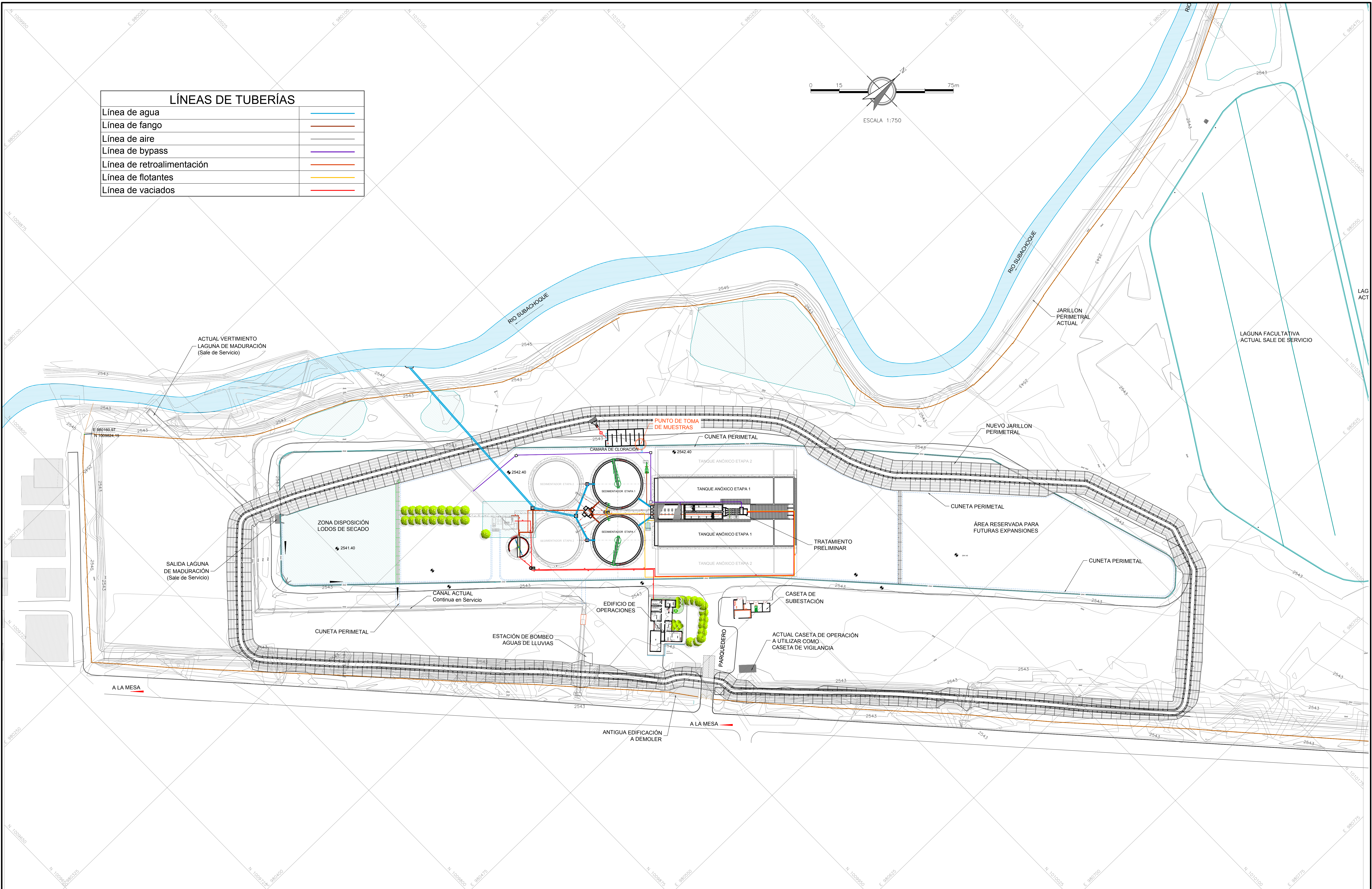
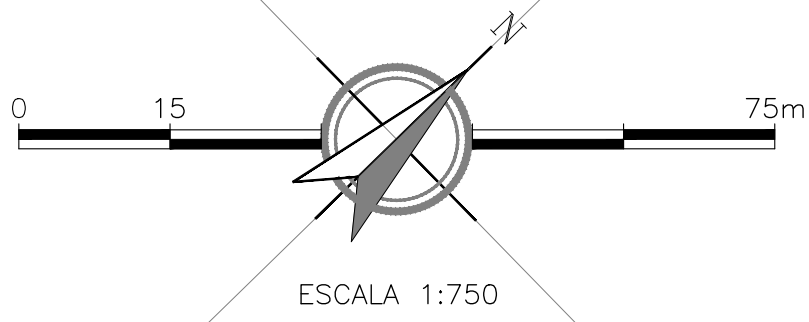
Fe en la causa
Carrera 50 N°16 - 06, Cantón Militar Caldas - Edificio CENAM
Fax 4468005 Ext 21024 - 21022
cenam@ejercito.mil.co



 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	---	---

Anexo 2. Esquema PTAR de Mosquera.

LÍNEAS DE TUBERÍAS	
Línea de agua	
Línea de fango	
Línea de aire	
Línea de bypass	
Línea de retroalimentación	
Línea de flotantes	
Línea de vaciados	



PROYECTO:
DISEÑOS DE DETALLE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE SANEAMIENTO EN LOS MUNICIPIOS DE LA CUENCA DEL RIÓ BOGOTÁ, PAQUETE 2, QUE INCLUYE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, SISTEMAS DE BOMBEO, INTERCEPTORES, COLECTORES Y OBRAS COMPLEMENTARIAS.

INTERVENIOR:
Ing. Jairo Rosas Gaitán

DIRECTOR:


ESPECIALISTA:

FECHA	MODIFICACIÓN	INGENIERO RESPONSABLE	FIRMA

CONTIENE:		PLANTA GENERAL OPTIMIZACION PTAR ACTUAL MOSQUERA I - ETAPA 1 MUNICIPIO DE MOSQUERA	
ESCALA:	1:750	NOMBRE DEL ARCHIVO:	PLANTA GENERAL
		FECHA:	Octubre de 2018

PLANO No.

1

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	---	---

Anexo 3. Ficha técnica detonador eléctrico fuerza 10.

FULMINANTE ELECTRICO SISMOGRAFICO (Fulmelec® Sismográfico)

Código: 0000005870



► Descripción y Usos

El FULMINANTE ELECTRICO SISMOGRAFICO (Fulmelec® Sismográfico) consiste en una cápsula de aluminio que contiene en su interior una parte de explosivo brizante y otra de explosivo primario. Esta última se encuentra en contacto con la gota eléctrica, que a su vez está fijada a los conductores de energía. Es activada por la corriente eléctrica, la que se transmite por los conductores hasta iniciar la carga primaria.

Este fulminante requiere de la energía necesaria para asegurar un tiempo de iniciación inferior a un milisegundo, por lo que está íntimamente ligado al tipo y calidad de la gota eléctrica.

FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C. fabrica estos fulminantes con diferentes longitudes de cable, según requerimientos del cliente.

Se utiliza en prospección sísmica, donde actúa como iniciador de cargas explosivas en profundidad, y para este fin se le dota de una alta resistencia a la presión hidrostática.

► Características Técnicas

TIEMPO DE INICIACION PROMEDIO AL APLICAR UNA CORRIENTE DE 2 Amperios	menor a 1 milisegundo
RESISTENCIA A LA PRESION HIDROSTATICA (kg/cm²) POR 2 HORAS (lb/plg²)	6,8 100
DIAMETRO DEL CASQUILLO (mm)	6,3
PRUEBA DE ESOPO, DIAMETRO DE PERFORACION (mm)	10
RESISTENCIA AL IMPACTO (2kg / 1m)	No detona
VOLUMEN TRAUZL (cm³)	28
RESISTENCIA ELECTRICA DEL CABLE (ohm/m)	0,053

► Gota Eléctrica

SENSIBILIDAD DE LA GOTA ELECTRICA	AMPERAJE NORMAL (A.N.)
RESISTENCIA DEL PUENTE (Ohm)	1,5
IMPULSO AL ENCENDIDO (mws/ohm)	1,5
SEGURIDAD CONTRA CORRIENTES ERRATICAS (A)	0,25
CORRIENTE DE ENCENDIDO PARA 5 FULMINANTES ACOPLADOS EN SERIE CON TIEMPO DE REACCION MENOR A 1 MILISEGUNDO (A)	2

► Presentación

Se suministra en lazos hasta 6 m. Se presentan en carretes cuando la longitud del cable es mayor a 6 m.

LAZOS					CARRETES				
	Pzas / Caja	Peso Neto (kg)	Peso Bruto (kg)	Dimensiones Exteriores (cm)		Pzas / Caja	Peso Neto (kg)	Peso Bruto (kg)	Dimensiones Exteriores (cm)
4m	500	19,5	20,5	43,5 x 39,5 x 25,5	10m	100	10,4	13,9	38,5 x 38,5 x 28,0
6m	400	22,0	23,0	43,5 x 39,5 x 25,5	15m	100	15,2	18,6	38,5 x 38,5 x 28,0
					20m	100	19,6	23,1	38,5 x 38,5 x 28,0
					24m	100	23,8	27,3	38,5 x 38,5 x 28,0
					30m	100	29,7	33,2	38,5 x 38,5 x 28,0


► **Manipuleo y Almacenamiento**

Los explosivos y accesorios de voladura son productos peligrosos. El adquiriente o usuario debe extremar los cuidados al momento de su transporte, almacenaje y uso, así como para entrenar debidamente a todo el personal encargado de su manipulación. Famesa Explosivos S.A.C. no asume responsabilidad alguna por el transporte, almacenaje y/o uso inadecuado que pudiera darse a los productos producidos por ella.


INFORMACION GENERAL:	
Nombre del Producto:	FULMINANTE ELECTRICO SISMOGRAFICO
Nombre de la Compañía:	Famesa Explosivos S.A.C.
Dirección:	Km 28 Autopista Ancón – Puente Piedra
Ciudad:	Lima
Código Postal:	Lima 22
Teléfono	(51 1) 4 885057
E-mail:	famesa@famesa.com.pe
Fecha:	Enero del 2,004
► INGREDIENTES / INFORMACION DE IDENTIFICACION:	
Ingredientes:	Mixto Tetranitrato de Pentaeritrta Gota Eléctrica Cables conductores de electricidad o energía Cápsula de aluminio PVC
► CARACTERISTICAS FISICO - QUIMICAS:	
Apariencia y olor:	Cápsula cilíndrica de aluminio cerrada en un extremo que aloja en su interior a las cargas explosivas secundaria y primaria. Esta última se encuentra en contacto con la gota eléctrica, que a su vez está fijado a los conductores de energía. No tiene olor.
► RIESGO DE FUEGO Y EXPLOSION:	
Fuego y explosión:	Bajo ciertas condiciones detonará cuando es expuesto directamente al fuego.
Riesgo de una detonación:	No hay riesgo de detonación espontánea, siempre y cuando se cumpla con los requisitos recomendados para el manipuleo, transporte, almacenaje y uso, establecidos por los reglamentos. En el caso eventual de explosión, puede detonar en masa.
Procedimiento para combatir el fuego:	Cuando hay fuego declarado en el material, no intentar extinguirlo. Despejar el área y evacuar al personal a un lugar seguro. El material en combustión puede producir gases tóxicos.

► DATOS DE REACTIVIDAD:	
Estabilidad:	Sí, es estable bajo condiciones normales.
Condiciones a evitar:	Mantener alejado de alguna fuente directa de calor (mayor a 65° C). Evitar flama, impacto, fricción e impulso eléctrico o corrientes estáticas.
Materiales a evitar:	Sustancias químicas corrosivas, volátiles, combustibles, ácidos y bases.
Riesgo de descomposición:	Ninguna mientras se cumplan con los requisitos de manipulación, transporte, almacenaje y uso recomendados. En el caso eventual de estar involucrado en un incendio, los gases generados pueden incluir principalmente monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno. La permanencia de su exposición al fuego provocará una detonación acompañada de proyección de esquirlas.
► RIESGO PARA LA SALUD:	
Por inhalación:	No, bajo condiciones normales de manipuleo.
Por la piel:	No, bajo condiciones normales de manipuleo.
Por ingestión:	No, bajo condiciones normales de manipuleo. La ingestión premeditada de la sustancia explosiva causa irritación y desórdenes en el sistema gastrointestinal
Riesgos a la integridad física:	El Fulminante Eléctrico Sismográfico y sus componentes no presentan riesgo a la salud cuando se manipula de acuerdo a reglamento. Una detonación accidental de un accesorio puede causar laceraciones y otros daños traumáticos, inclusive fatales.
Síntomas de sobre-exposición:	Ninguna sintomatología cuando se respetan los procedimientos autorizados de almacenamiento, manipuleo y uso.
Precauciones de seguridad:	Evitar respirar los gases de la detonación.
Primeros auxilios	
Contacto con los ojos:	En condiciones normales, no existe forma de exposición a las sustancias explosivas.
Contacto con la piel:	En condiciones normales, no existe forma de exposición a las sustancias explosivas.
Ingestión:	En el caso eventual de ingestión accidental de la sustancia explosiva, inmediatamente provocar el vómito y llevarlo a un centro médico.
Nota:	Si una detonación causa daños físicos, solicitar inmediatamente atención médica. Si los gases de la detonación son inhalados, movilizar al accidentado a un lugar de aire fresco. Si no respira, darle respiración artificial. Si la respiración es dificultosa, proporcionarle oxígeno. Llame inmediatamente al médico.
► PRECAUCIONES PARA EL MANIPULEO Y USO SEGURO:	
<ul style="list-style-type: none">El manipuleo de este producto deberá estar a cargo del personal capacitado y autorizado en el manejo del uso del explosivo.Manipular con sumo cuidado, teniendo en cuenta que los fulminantes eléctricos son sensibles a la energía eléctrica (corriente estática) y bajo ciertas condiciones de golpe, fricción, chispa y fuego.Por ningún motivo intentar desarmar, seccionar o extraer el contenido del producto.	
► PRECAUCIONES PARA EL ALMACENAJE:	
<ul style="list-style-type: none">El Fulminante Eléctrico Sismográfico se almacenará solamente con productos compatibles y siempre se mantendrá los cables conductores de energía en cortocircuito.No almacenar junto con sustancias químicas corrosivas, volátiles, combustibles, ácidos y bases, ni elementos metálicos.El polvorín destinado para almacenar debe cumplir con todos los requisitos establecidos por el reglamento vigente.El almacén debe tener un ambiente seco, fresco, limpio, ventilado y con descarga eléctrica a tierra.El polvorín debe estar inspeccionado permanentemente por personal autorizado.	

<ul style="list-style-type: none">Cumplir con las reglamentaciones vigentes.					
<p>► MEDIDAS DE SEGURIDAD:</p>					
<ul style="list-style-type: none">Los ojos deberán estar protegidos con lentes de seguridad.La vestimenta debe ser la apropiada de acuerdo a reglamento, por ejemplo, de algodón para evitar el acumulamiento de cargas estáticas.Se recomienda el uso de zapatos y guantes de seguridad.					
<p>► DATOS DE LA ETIQUETA DE TRANSPORTE:</p>					
<p>• Etiqueta requerida: Sí</p>					
<table><tr><th>Nº de Clase IMO</th><th>Nº de Identificación UN</th></tr><tr><td>1.1 B</td><td>UN 0030</td></tr></table>		Nº de Clase IMO	Nº de Identificación UN	1.1 B	UN 0030
Nº de Clase IMO	Nº de Identificación UN				
1.1 B	UN 0030				
<p>• Nombre: Fulminante Eléctrico Sismográfico</p>					

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	---	---

Anexo 4. Caracterización Inicial del Agua residual.

 ANALQUIM LTDA. ANÁLISIS QUÍMICOS Y CALIDAD DEL AIRE	INFORME DE MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN DE AGUA RESIDUAL		PTAR MUNICIPAL MOSQUERA
GERENCIA OPERATIVA	MATRIZ AGUA	VERSIÓN DOCUMENTO: 0	FECHA: 02 y 03/09/2018

COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON LA RESOLUCIÓN 631 DE 2015 MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE


A continuación se presenta la comparación de los resultados obtenidos en laboratorio contra los valores máximos permisibles de la Resolución 631 de 2015² establecida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible., para vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público.

TABLA 12. COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON NORMATIVIDAD

PTAR MUNICIPAL MOSQUERA					
AGUA RESIDUAL - MUESTRA 109762 - FECHA 02 Y 03 DE SEPTIEMBRE DE 2018					
PARAMETRO	UNIDADES	ENTRADA PTAR MUNICIPAL MOSQUERA		*RESOLUCIÓN 631/2015	CUMPLIMIENTO
		VALOR	CARGA Kg/día		
Acidez Total	mg/L	98	749.81	Análisis y Reporte	N/A
Alcalinidad Total	mg/L	345	2639.65	Análisis y Reporte	N/A
Aluminio	mg/L	<0.05	0.38	Análisis y Reporte	N/A
BTEX					
Benceno	mg/L	<0.010	0.08	N.E.	N/A
Tolueno	mg/L	<0.010	0.08	N.E.	N/A
Etilbenceno	mg/L	<0.010	0.08	N.E.	N/A
p-Xileno + m-Xileno	mg/L	<0.010	0.08	N.E.	N/A
o-Xileno	mg/L	<0.010	0.08	N.E.	N/A
Cadmio	mg/L	<0.003	0.02	0.1	Cumple
Cianuro	mg/L	0.44	3.37	0.5	Cumple
Cloruros	mg/L	117.6	899.78	Análisis y Reporte	N/A
Cobre	mg/L	0.06	0.46	1.0	Cumple
Color	UPC	120	918.14	Análisis y Reporte	N/A
Compuestos Fenolicos					
-Fenol	mg/L	0.054	0.41	N.E.	N/A
-2-Clorofenol	mg/L	<0.015	0.11	N.E.	N/A
-2-Nitrofenol	mg/L	<0.015	0.11	N.E.	N/A
-2,4-Dimetilfenol	mg/L	<0.015	0.11	N.E.	N/A
-2,4-Diclorofenol	mg/L	0.044	0.34	N.E.	N/A
-4-Cloro-3-Metilfenol	mg/L	0.086	0.66	N.E.	N/A
-2,4,6-Triclorofenol	mg/L	<0.015	0.11	N.E.	N/A
-2,4-Dinitrofenol	mg/L	<0.015	0.11	N.E.	N/A
-4-Nitrofenol	mg/L	<0.015	0.11	N.E.	N/A
-4,6-Dinitro-2-Metilfenol	mg/L	<0.015	0.11	N.E.	N/A
-Pentaclorofenol	mg/L	2.83	21.65	N.E.	N/A
Cromo	mg/L	0.0050	0.04	0.5	Cumple
DBO	mg/L	311	2379.51	90	No Cumple
DQO	mg/L	563	4307.60	180	No Cumple
Dureza Cálcica	mg/L	37	283.09	Análisis y Reporte	N/A
Dureza Total	mg/L	58	443.77	Análisis y Reporte	N/A
Fenoles	mg/L	0.26	1.99	N.E.	N/A
Fósforo Total	mg/L	7.037	53.84	Análisis y Reporte	N/A
Grasas y Aceites	mg/L	133	1017.60	20	No Cumple
Hidrocarburos Aromáticos					
Naftaleno	mg/L	<0.0026	0.02	N.E.	N/A
Acenaftileno	mg/L	<0.0026	0.02	N.E.	N/A
Acenafteno	mg/L	<0.0025	0.02	N.E.	N/A
Fluoreno	mg/L	<0.0026	0.02	N.E.	N/A
Fenantreno	mg/L	<0.0026	0.02	N.E.	N/A
Antraceno	mg/L	<0.0026	0.02	N.E.	N/A
Fluoranteno	mg/L	<0.0026	0.02	N.E.	N/A
Pireno	mg/L	<0.0026	0.02	N.E.	N/A
Benzo (a) antraceno	mg/L	<0.0026	0.02	N.E.	N/A
Criseno	mg/L	<0.0026	0.02	N.E.	N/A
Benzo (k) fluoranteno	mg/L	<0.0026	0.02	N.E.	N/A
Benzo (b) fluoranteno	mg/L	0.0153	0.12	N.E.	N/A

² "Por la cual se establece los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones. "

ELABORADO POR: D.C. DOCUMENTO: ANQ(2)-PL-183 ANALQUIM LIMITADA E-mail: requerimientos@analquim.com Teléfono: 630 99 45 – 329 18 73 Carrera 25 No. 73 – 60/66, Bogotá D.C. – Colombia	APROBADO POR: G.O. NUMERO VERSION: 02 CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL	REVISADO POR: G.G. INFORME APROBADO G.O.: Paginas 1 de 2
---	--	--

 ANALQUIM LTDA. <small>ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y CALIDAD DEL AIRE</small>	INFORME DE MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN DE AGUA RESIDUAL		PTAR MUNICIPAL MOSQUERA
GERENCIA OPERATIVA	MATRIZ AGUA	VERSIÓN DOCUMENTO: 0	FECHA: 02 y 03/09/2018

PTAR MUNICIPAL MOSQUERA					
AGUA RESIDUAL - MUESTRA 109762 - FECHA 02 Y 03 DE SEPTIEMBRE DE 2018					
PARAMETRO	UNIDADES	ENTRADA PTAR MUNICIPAL MOSQUERA		*RESOLUCIÓN 631/2015	CUMPLIMIENTO
		VALOR	CARGA Kg/día		
Benzo (a) pireno	mg/L	0.0828	0.63	N.E.	N/A
Dibenzo (a,h) antraceno	mg/L	<0.0026	0.02	N.E.	N/A
Indeno (1,2,3-cd) pireno	mg/L	<0.0026	0.02	N.E.	N/A
Benzo (g,h,i) perileno	mg/L	<0.0026	0.02	N.E.	N/A
Hidrocarburos Totales	mg/L	42	321.35	Análisis y Reporte	N/A
Hierro Total	mg/L	1.23	9.41	Análisis y Reporte	N/A
Mercurio	mg/L	<0.002	0.02	0.02	Cumple
Níquel	mg/L	<0.05	0.38	0.5	Cumple
Nitratos	mg/L	<0.10	0.77	Análisis y Reporte	N/A
Nitritos	mg/L	<0.007	0.05	Análisis y Reporte	N/A
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	95.2	728.39	Análisis y Reporte	N/A
Nitrógeno Total	mg/L	123.2	942.62	Análisis y Reporte	N/A
Ortofosfatos	mg/L	9.47	72.46	Análisis y Reporte	N/A
Plata	mg/L	<0.05	0.38	N.E.	N/A
Plomo	mg/L	<0.02	0.15	0.5	Cumple
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	292	2234.14	90	No Cumple
Sulfatos	mg/L	36.8	281.56	Análisis y Reporte	N/A
Sulfuros	mg/L	1.3	9.95	Análisis y Reporte	N/A
Tensoactivos	mg/L	20.48	156.70	Análisis y Reporte	N/A
Zinc	mg/L	0.48	3.67	3	Cumple
Caudal promedio	L/s	88.555	N/A	N.E.	N/A
Coliformes Totales	NMP/100ml	2000	N/A	N.E.	N/A
Oxígeno Disuelto	mg/L	0.10-0.90	N/A	N.E.	N/A
pH	Unidades	6.39-7.53	N/A	6.00 a 9.00	Cumple
Sólidos Sedimentables	mL/L	2.0-8.0	N/A	5	No Cumple
Temperatura	°C	18.5-21.3	N/A	N.E.	N/A

Observaciones:

El signo "<": Se indica en la columna "Valor Obtenido en Laboratorio", se utiliza cuando el dato obtenido por la técnica analítica reportada es inferior al dato mínimo cuantificable con precisión aceptable.

CC: La carga contaminante diaria, es calculada $(Cc(kg/día) = Q \times C \times 0,0864$


N.E.: Valor No Establecido en la Resolución 631 de 2015; N/A: No Aplica.

*

Artículo 8: Para vertimientos puntuales de aguas residuales domésticas - ARD de las actividades industriales, comerciales o de servicios, y de las aguas residuales (ARD y ARnD) de los prestadores del servicio público de alcantarillado a cuerpos de aguas superficiales. (Aguas residuales domésticas - ARD y aguas residuales no domésticas - ARnD de los prestadores del servicio público de alcantarillado, con una carga mayor a 625 kg/día y menor o igual a 3000 Kg/día DBO₅).

Fuente: Informe de Resultados del Laboratorio Analquim Ltda., referencia muestra código No. 109762 con fecha de expedición del 30 de Septiembre del 2018.

ELABORADO POR: D.C. DOCUMENTO: ANQ(2)-PL-183 ANALQUIM LIMITADA E-mail: requerimientos@analquim.com Teléfono: 630 99 45 – 329 18 73 Carrera 25 No. 73 – 60/66. Bogotá D.C. – Colombia	APROBADO POR: G.O. NÚMERO VERSIÓN: 02 CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL	REVISADO POR: G.G. INFORME APROBADO G.O.: Páginas 2 de 2
---	--	---

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL SOMETIDA A SOBREPRESIÓN MEDIANTE DETONACIONES</p>	<p>FECHA: 2018</p> <p>VERSIÓN 0</p>
--	---	---

Anexo 5. Caracterización Final del Agua residual.

Empresa: Vanessa Rozo
Nit: 1026280172-4
Dirección: -
Solicitado por: Vanessa Rozo Rozo
Telefono: -
Celular: --
E-mail: lvrozo72@ucatolica.edu.co
Orden de Servicio: 27080

Fecha Recepción: 2018-09-13
Fecha de Emisión de Resultados: 2018-10-02
Fecha de Muestreo: 2018-09-11
Muestreo a Cargo de: CLIENTE
Plan de muestreo: No Reporta
Procedimiento de muestreo: No Reporta
Número total de muestras: 1
Lugar de Muestreo:
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de Muestra: ARI () ARD (X) ARnD () AN ()
AP () AM () S () AX ()

Reporte de Resultados

Item	Fecha de Análisis (AAAA-MM-DD)	Parámetro	Método	Técnica	Límite de Cuantificación del método	Unidad	ARD
							MD90392
1	2018-09-14	Coliformes Totales*	SM 9223 B	Sustrato Enzimático Multicelda	1,0	NMP/100mL	933
2	2018-09-19	DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno) *	SM 5210 B, ASTM D 888-09 METODO C	Incubación 5 días y Luminiscencia	5,0	mg O2/L	166
3	2018-09-17	DQO*	SM 5220D	Reflujo cerrado y Colorimétrico	5,00	mg O2/L	389
4	2018-09-26	Nitrógeno total Kjeldahl*	Semi-micro Kjeldahl SM 4500-Norg C, SM 4500 NH3 B,C	Digestión - kjeldhal	3,00	mg N/L	4,41
5	2018-09-14	Ortofosfatos* (mg PO4/L) (equivalente a fósforo soluble, fosfato soluble, ortofosfato soluble, fósforo reactivo soluble)	SM 4500-P-E	Colorimetría	0,21	mg PO4/L	<0,21
6	2018-09-21	Solidos Suspendidos totales*	SM 2540B	Gravimetría	4,5	mg/L	318

ARI: Agua Residual Industrial, ARD: Agua Residual Doméstica, ARnD: Agua Residual no Doméstica, AN: Agua Superficial o Subterránea, AP: Agua Potable, S: Suelo, AM: Agua Marina, AX: Otros

*ChemiLab tiene estos parámetros acreditados mediante resolución 2016 de 2014 y 1226 de 2016 del IDEAM.

** Análisis realizados por laboratorio subcontratado acreditado

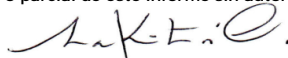
(P) PICCAP

Parámetro no acreditado

Observaciones: Métodos de Análisis aplicados según el Laboratorio de Suelos IGAC y US-EPA (aplica para suelos)
Métodos de Análisis aplicados según Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (aplica para aguas)

Resultados validos únicamente para la(s) muestras analizadas.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin autorización previa de Chemilab S.A.S



MARIA CRISTINA CORTES FORERO

Director Técnico
PQ-4590



IDEAM

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA,
METEOROLOGÍA Y
ESTUDIOS AMBIENTALES

Laboratorio acreditado NTC-ISO/IEC 17025
Res. No. 2016 de 2014 y 1226 de 2016

Empresa: Vanessa Rozo
Nit: 1026280172-4
Dirección: -
Solicitado por: Vanessa Rozo Rozo
Telefono: -
Celular: --
E-mail: lvrozo72@ucatolica.edu.co
Orden de Servicio: 27080

Fecha Recepción: 2018-09-13
Fecha de Emisión de Resultados: 2018-10-02
Fecha de Muestreo: 2018-09-11
Muestreo a Cargo de: CLIENTE
Plan de muestreo: No Reporta
Procedimiento de muestreo: No Reporta
Número total de muestras: 1
Lugar de Muestreo:
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de Muestra:

ARI ()	ARD (X)	ARnD ()	AN ()
AP ()	AM ()	S ()	AX ()

OBSERVACIONES ANALITICAS

Ninguna

Observaciones: Métodos de Análisis aplicados según el Laboratorio de Suelos IGAC y US-EPA (aplica para suelos)
Métodos de Análisis aplicados según Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (aplica para aguas)
Resultados validos únicamente para la(s) muestras analizadas.
Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin autorización previa de Chemilab S.A.S



MARIA CRISTINA CORTES FORERO
Director Tecnico
PQ-4590

**** FIN DE ESTE REPORTE ****

Bogotá D.C., 04 de octubre de 2018

Señores:

Vanessa Rozo

Att: Vanessa Rozo Rozo

La Ciudad.

Asunto: Entrega Informe de Resultados de Análisis R 56422

Cordial Saludo.

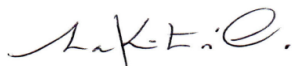
Atendiendo la solicitud de análisis enviada por ustedes, hago entrega del informe de resultados de análisis correspondiente a las muestras:

N° Muestra	Código Interno	Identificación Cliente
1	MD90392	ARD

Cualquier solicitud de aclaración del presente reporte, así como sugerencias, quejas y/o reclamaciones por favor comunicarnos a coordinación calidad comunicándose al teléfono 6702853 o al correo electrónico calidad@chemilab.com.co.

Agradezco su atención.

Atentamente.



MARIA CRISTINA CORTES FORERO

Director Tecnico